

## 痙性麻痺の脊髄機能に関する研究

### ——とくに運動ニューロンプール活動曲線を中心として——

大 山 隆 男\*

(昭和46年7月15日受付)

#### 要 旨

観血的療法を施行した、脊髄腫瘍、頸椎々間板症による痙性麻痺患者を対象として、運動ニューロンプール活動曲線を中心に筋電図学的検索を行ない、その術前、術後の臨床症状の経過と対比し、以下の結論を得た。

1. S/D (閾下縁の広がりSと、発射帯Dの面積比)の推移を3つのPatternに分類することができた。

I型: 脊髄腫瘍に代表される型で、勾配の大きな山形の経過を呈するもの。

II型: 頸椎々間板症に代表される型で、一旦上昇を示すがピークは低く、その後おだやかに下降を示すもの。

III型: 上昇の傾向を示さず、下降の一途をたどるもの。

2. S/Dは臨床症状の経過とかなりよく一致した推移を示す。すなわち筋力の回復と平行してS/Dは上昇し、膝蓋腱反射の正常化と平行して下降を示す。

3. S/Dの推移と臨床症状の経過より、脊髄前柱細胞に対する上位中枢からの影響を知ることができた。

4. 病因論的にはI型、II型は脊髄の圧迫による変化が主体であり、III型には血行性因子が関与していることが考えられた。

5. S/Dの推移のパタンの検討により、臨床的予後を知る手掛りを得ることができた。

**Keywords:** 運動ニューロンプール活動曲線, H波, 閾下縁発射帯, 痙縮, 脊髄腫瘍, 頸椎々間板症

**略語一覧:** S-D曲線: 運動ニューロンプール活動曲線

S/D: 閾下縁の広がり と 発射帯の面積比

#### 緒 言

整形外科領域においては、外傷性脊髄損傷、脊髄腫瘍、頸椎々間板症、その他種々の疾患による痙性麻痺患者に遭遇するが、その際見られる、いわゆる「痙縮」の発現機序に関しては、いまだ本態不明の点が多く定説がない現状にある。

脊髄が損傷された場合に、それより下位に起こる臨床症状については、古くから多くの臨床的研究があるが、これが脊髄反射という面から定量的にとらえられるようになったのは、Hoffmann(1920)<sup>1),2)</sup>によって誘発筋電図的に脊髄反射波が導出されるようになってからである。これは後に、Magladery(1955)<sup>3)-6)</sup>によって、詳細かつ系統的な研究がなされ、脛骨神経刺激による下腿三

\* 千葉大学医学部整形外科学教室 (主任: 井上駿一教授)

TAKAO OHYAMA: Electromyographical studies on spinal function in patients with spastic paralysis. Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Chiba University, Chiba.

Received for publication, July 15, 1971.

頭筋の反射波が H 波と命名されたのである。彼はこの H 波が、臨床上的腱反射に相当する単シナプス性の脊髄反射弓を経由するものであることを確かめ、上位ニューロン障害による痙性麻痺患者において、H 波がより速かな回復曲線を示すことなどから、H 波が脊髄前柱細胞の興奮性レベルや筋の緊張状態等の分析の手掛りとなるものであることを証明した。

著者は、本間、近藤ら (1964)<sup>7)</sup>、富田 (1964)<sup>8)</sup> らが、短い時間々隔 (5~10 msec) で、求心性神経に与えられた前置刺激により促進されて出る試験刺激の H 波を用い、脊髄運動ニューロンプールの興奮性レベルを比較的に推定するために開発した、運動ニューロンプール活動曲線 (以下 S-D 曲線とする) を臨床的に応用し、脊髄性痙性麻痺患者を対象として、S-D 曲線と手術前後の臨床像の推移とを比較検討することにより、脊髄運動ニューロンプールの活動性を推定し、さらに上位中椎からのインパルスの影響を知り、かつその回復過程を見ることにより、予後を知る手掛りを得んとした。

### 研究対象ならびに研究方法

#### 1. 対 象

千葉大学医学部付属病院整形外科、およびその関連病院に入院した、脊髄腫瘍 5 例、頸椎々間板症 10 例を対象とした。いずれも痙性麻痺型の脊髄症状を呈し、観血的療法によって改善の認められた症例である (表 1)。

表 1. 検 査 症 例

Case	Age	Sex	Diagnosis	Level	Time from Onset	
1	M. K.	23	m.	脊髄腫瘍	Th <sub>8-9</sub>	7m.
2	T. Y.	28	m.	〃	C <sub>3-6</sub>	3y.
3	Y. N.	14	f.	〃	Th <sub>7-8</sub>	2y.
4	K. O.	25	m.	〃	Th <sub>8-10</sub>	8y.
5	M. Y.	52	m.	〃	Th <sub>8</sub>	4m.
6	M. K.	46	m.	頸椎々間板症	C <sub>5-6</sub>	1y. 4m.
7	M. K.	47	m.	〃	C <sub>5-6</sub>	5y.
8	K. O.	40	m.	〃	C <sub>5-6</sub>	4m.
9	Y. K.	43	f.	〃	C <sub>5-6</sub>	3m.
10	T. N.	46	m.	〃	C <sub>4-5, 5-6</sub>	6m.
11	H. I.	40	m.	〃	C <sub>5-6</sub>	6m.
12	T. K.	43	m.	〃	C <sub>3-4, 5-6</sub>	4m.
13	G. H.	59	m.	〃	C <sub>4-5, 5-6</sub>	3m.
14	M. I.	50	m.	〃	C <sub>5-6, 6-7</sub>	5m.
15	E. F.	47	f.	〃	C <sub>5-6</sub>	6m.

脊髄腫瘍は、全例、硬膜内、髄外の腫瘍で、うち 4 例は Neurinoma (No. 1, 2, 4, 5)、他の 1 例は Subarachnoidal Cyst (No. 3) であった。

手術法は、脊髄腫瘍では、椎弓切除、硬膜切開後、腫瘍摘出術を施行、頸椎々間板症では、前方より侵入、椎間板切除後椎体固定術を行ない、従って直接脊髄には侵襲を加えていない。

#### 2. 方 法

刺激装置として、日本光電 MS-E を使用、膝窩部で経皮的に脛骨神経を電気刺激し下腿三頭筋から表面電極 (電極間距離 3 cm) を用い H 波を導出、刺激間隔 5~8 msec において S-D 曲線を求めた。

ついで、プラニメーターにて閾下縁 (Subliminal fringe) および発射帯 (Discharge zone) の面積を測定し、それぞれ S 値、D 値とし、両者の比 S/D を求め、術前・術後の経過を比較した。

これと対比すべき臨床症状は、筋力テスト、知覚検査、膝蓋腱反射、足間代などを検索し、それぞれ S/D の推移と対比した。

筋力テストは、Daniels らの徒手筋力検査法に従い、下肢の総合的な筋力を Brunstrom-Dennen の段階法により分類表示した (表 2)。

知覚障害はその程度により、表 3 のごとく、膝蓋腱反射は表 4、足間代は表 5 のごとく分類し、表示した。

### 研 究 成 績

#### 1. S/D の推移と分類

手術前と手術後の回復経過中に S-D 曲線を描き、S/D を求めてその推移を観察した。それによると、手術前、かなりの高値を示しているが、同時にばらつきも大きく、100%以下のものから 200%に近いものまで見られた (表 6)。

これをグラフにして見ると、脊髄腫瘍 5 例の検討で

表 2.

grade	muscular power
5	normal
4	good
3	fair
2	poor
1	trace
0	zero

表 3.

grade	sensory disturbance
5	normal
4	hypesthesia (slightly)
3	hypesthesia (moderately)
2	hypesthesia (markedly)
1	anesthesia

表 4.

grade	knee jerk
卅	markedly exaggerated
++	moderately exaggerated
+	normal

表 5.

grade	clonus
卅	markedly exaggerated
++	moderately exaggerated
+	slightly exaggerated
±	pseudo clonus
—	absent

表 6. S/D の推移 (%)

Case	before op.	after op.
1 M. N.	62	97(3w)219(2m) 127(3m)103(14m)
2 T. Y.	170	98(3w) 58(12m)
3 Y. N.	70	85(4w) 65(6m)
4 K. O.	105	144(5w)184(2m) 103(6m)
5 M. Y.	85	123(4w)146(2m) 63(3m) 40(5m)
6 M. K.	80	142(3w)123(3m) 120(15m)
7 M. K.	107	120(4w) 97(3m) 59(14m)
8 K. O.	145	169(2w)162(1m) 152(2m)105(12m)
9 Y. K.	139	186(5w)154(3m) 89(5m)
10 T. N.	78	162(3w)141(2m) 89(5m)
11 H. I.	196	194(4w)224(2m)
12 T. K.	152	139(4w)125(5m)
13 G. H.	194	106(2w) 89(6w) 72(6m)
14 M. I.	119	136(4w) 79(5m)
15 E. F.	152	96(2w) 65(3m)

は、手術前比較的低値を示し、術後2カ月位でピークに達する勾配の大きな山形の経過を示すものと、1カ月前後でピークに達し後は緩徐な下りかたをするもの、あるいは、手術前に高値を示すが、術後下降の一途をたどる傾向のものなどが含まれていることがわかる(図1)。

Spinal Cord Tumor 5 Cases

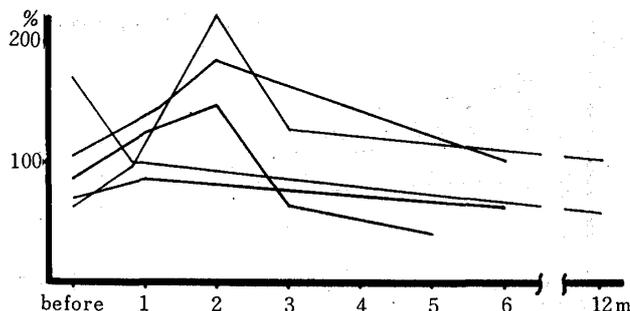


図 1. S/D の推移

Cervical Spondylosis 10 Cases

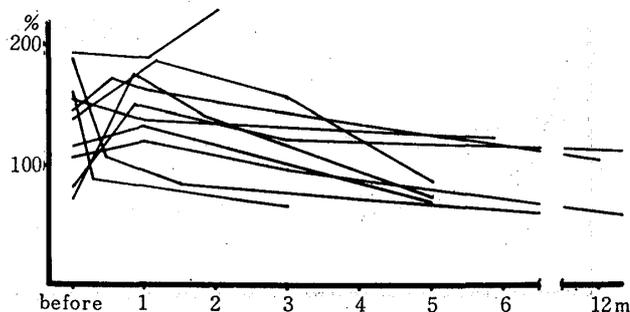


図 2. S/D の推移

一方、頸椎々間板症10例の検討では、手術前より一般にS/Dは高く、術後1カ月まで一旦上昇の傾向を示し、その後は比較のおだやかな勾配をもって下降するものが多い(図2)。

そこで、以上のS/Dの推移を総括、検討してみると、3つのパターンに分類することができるように思われ、著明はそれぞれ、I型、II型、III型とした。

I型—S/Dが比較的急勾配で上昇した後、下降を示す山形を呈し、曲線のピークに達するまでの時間は、2カ月位で比較的遅い。このパターンには、胸髄部の脊髄腫瘍3例、頸椎々間板症1例が含まれている(図3)。

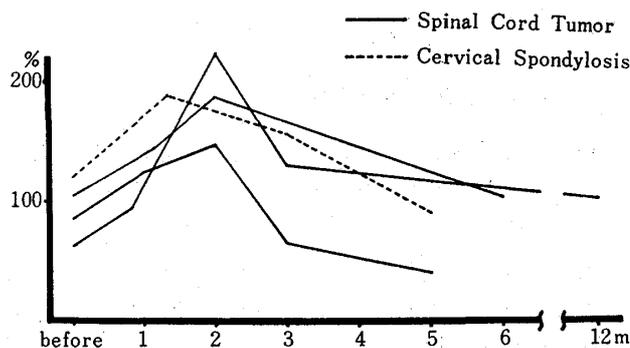


図 3. S/D の推移 (I型)

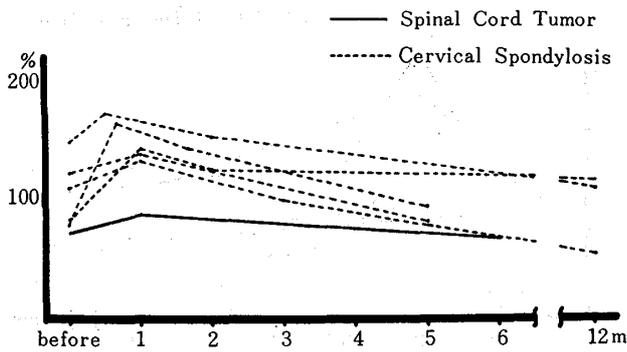


図 4. S/D の 推 移 (II 型)

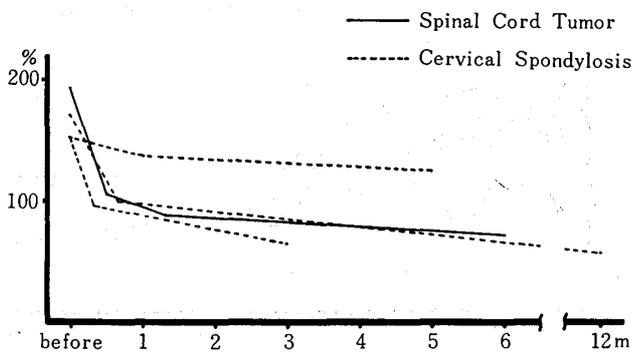


図 5. S/D の 推 移 (III 型)

II型——手術後、一旦上昇の傾向を示すが、比較的早い時期（1カ月前後）に、おだやかな下降に移るものである。このパターンは、大半の頸椎々間板症に見られる型で、頸椎々間板症5例、脊髄腫瘍1例が含まれている（図4）。

III型——手術前からS/Dは高値を示し、手術後も上昇の傾向を示さず下降の一途をたどるものである。このパターンには、頸髄部の脊髄腫瘍1例、頸椎々間板症3例が含まれている（図5）。

なお、頸椎々間板症の1例で、術後1カ月よりさらにS/Dの上昇を示した例があるが、この例は、術後観察期間が2カ月にとどまり、S/Dの推移を十分に追跡できなかった特殊例と思われた。

2. S/Dと臨床症状との対比

前項にて述べたごとき、S/Dの経過分類に従い、各パターンに属する症例の臨床症状を分析し、対比検討した。

a) I型

このパターンに属するものは、手術前、筋力、知覚ともかなり高度に障害されている。術後、両者ほぼ平行して著明な回復を示し、2～3カ月目にはほとんど正常に復している（図6, 7）。

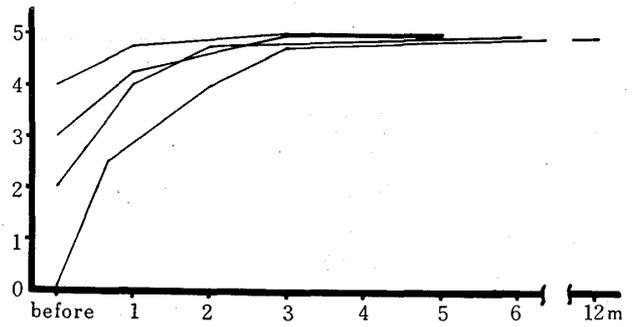


図 6. 筋力の回復過程 (I 型)

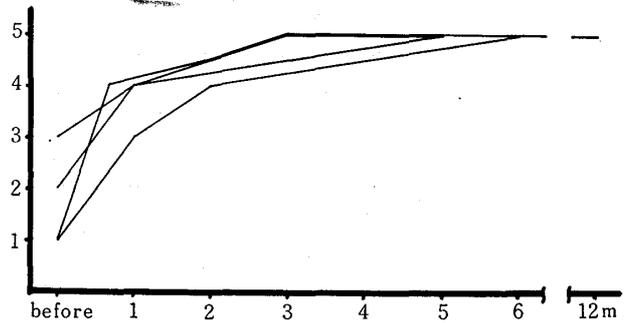


図 7. 知覚障害の回復過程 (I 型)

一方、痙縮に関しては、膝蓋腱反射、足間代とも、術前高度の亢進を示しているが、術後、膝蓋腱反射は、1～2カ月目まではあまり変化なく、2～3カ月目以後、比較的急速な回復を示した（図8）。

足間代の高値は、腱反射のそれよりは早期に回復を示す傾向があるが、筋力、知覚ほど著明ではない（図9）。

そこで、これら臨床症状の回復過程を、S/Dの推移と対比してみると、一般に、筋力、知覚の著明な回復と平行してS/Dは急上昇を示し、ピークに達した後、やや遅れて回復を示す、痙縮の正常化と平行してS/Dが下降を示すように思われる。

b) II型

このパターンに属する症例は、ほとんどが頸椎々間板症であり、術前、筋力、知覚ともI型に比し、その障害度

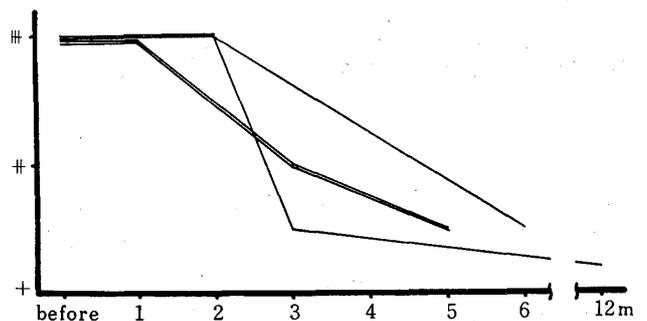


図 8. 膝蓋腱反射の回復過程 (I 型)

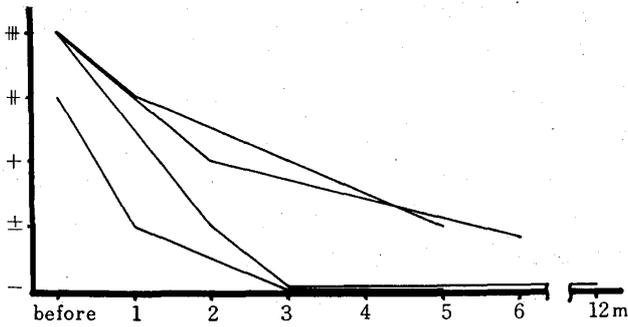


図9. 足間代の回復過程 (I型)

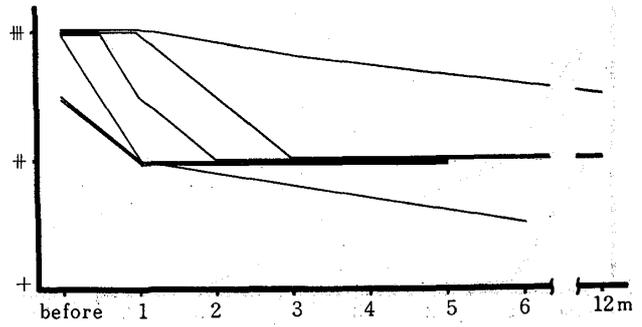


図12. 膝蓋腱反射の回復過程 (II型)

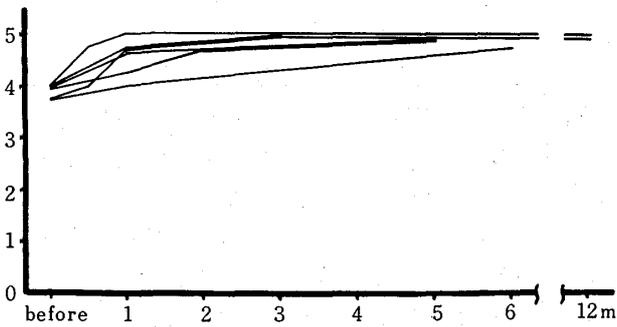


図10. 筋力の回復過程 (II型)

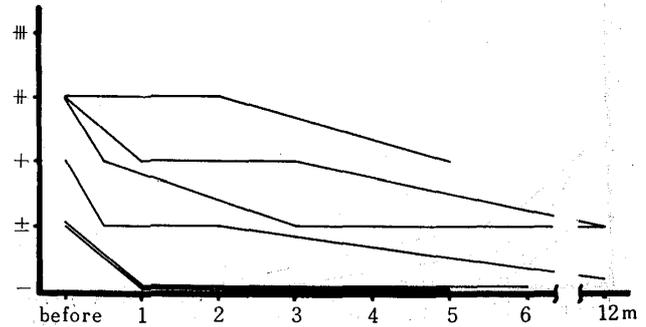


図13. 足間代の回復過程 (II型)

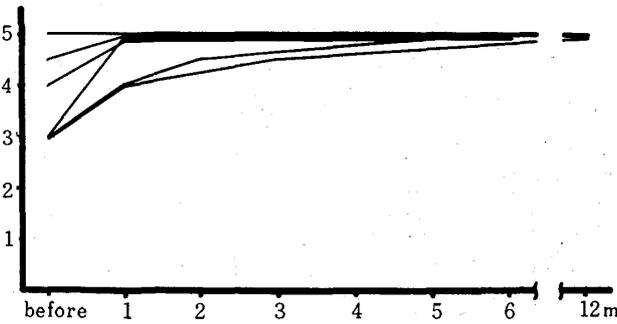


図11. 知覚障害の回復過程 (II型)

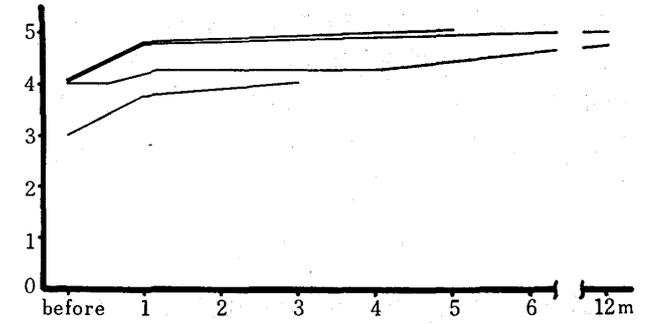


図14. 筋力の回復過程 (III型)

は軽く、術後も、1~2カ月でほとんど正常に復している (図10, 11)。

一方、痙縮に関しては、I型の症例に比し、むしろ回復が遅延する傾向がある。特に膝蓋腱反射では、5~6カ月以後にても亢進を示している症例がほとんどであった (図12, 13)。

そこで S/D の推移と対比して見ると、I型の場合よりも急速な筋力、知覚の回復とともに S/D は一旦上昇を示すが、その後は痙縮の回復が遅延するのと平行して、I型よりも緩徐な下降を示すように思われる。

c) III型

このパタンに属するものも、頸椎々間板症が多い。筋力の低下はII型とほぼ同程度で比較的軽いが、その回復はII型よりやや遅延する傾向を示している (図14)。

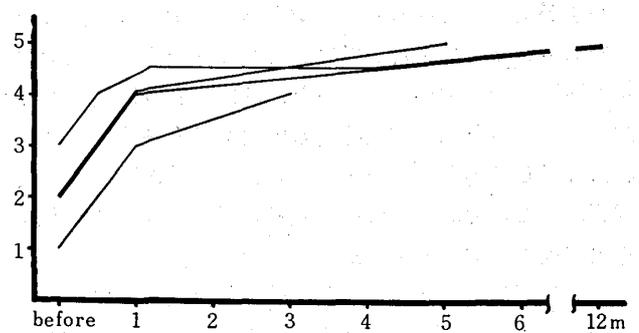


図15. 知覚障害の回復過程 (III型)

知覚障害は、術前、II型よりも高度で、その回復も、筋力同様遅れている (図15)。

一方、痙縮に関しては、膝蓋腱反射、足間代とも、II

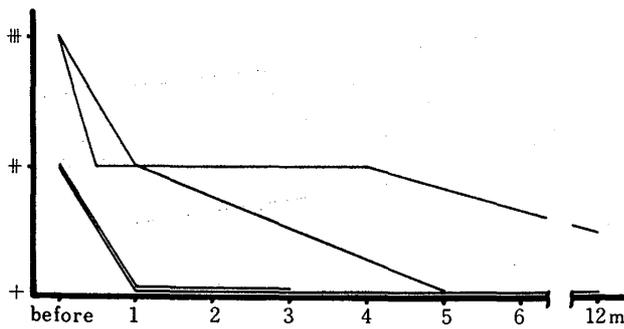


図 16. 膝蓋腱反射の回復過程 (III 型)

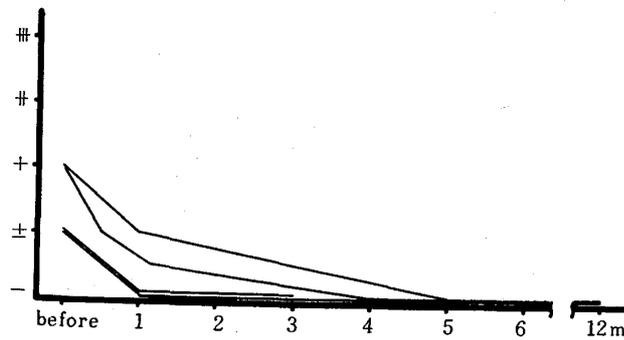


図 17. 足間代の回復過程 (III 型)

型に比べれば回復は良好である (図 16, 17)。

そこで S/D の推移と対比して見ると、筋力、知覚の変動はあまり大きくなく、痙縮の急速な回復と平行して最初から下降の一途をたどるように思われる。

### 考 察

脊髄圧迫による痙性麻痺例の臨床症状は、術前の経過および術後の回復過程において多彩であり、そこには圧迫の程度、期間、高位、横位、血行動態など、さまざまな因子が関与しているものと考えられ、個々の症例につき検討されるべき場合が多い。しかしながらその臨床症状の回復過程を総括して見ると、ほぼ全症例に共通して認められることは、知覚障害の回復が最も速く、ついでほぼ平行して筋力の回復が認められ、痙縮の回復は比較的遅れることである。特に膝蓋腱反射の亢進は、最も遅くまで残る症例が多かった。

しかしながら、脊髄腫瘍と頸椎々間板症の痙性麻痺の臨床症状の経過をそれぞれ比較して見ると、筋力の回復過程と、痙縮の回復過程とで、両者がかなり態度を異にしている。すなわち、脊髄腫瘍では、術前、筋力低下が高度で、その回復には 2~3 カ月を要する例が多く、頸椎々間板症では、術前の筋力低下は比較的軽度の例が多く、その回復も速い。一方、痙縮に関しては、脊髄腫瘍

の方が比較的速かに正常化に近づくのに比べ、頸椎々間板症では、ほとんどの症例において術後 6 カ月あるいは、1 年を経ても腱反射の亢進を残しているものが多い。

著者は、このような両者における回復過程の差異を説明するために、脊髄前柱細胞の興奮性レベルを知ることの必要性を感じ、その一手段として、富田らが 1964 年提唱した運動ニューロンプール活動曲線より得られる S/D を示標として考察を加えた。

その結果、S/D の推移は、ほぼ三つのパターンに分類することができ、各パターンを、それぞれの臨床症状と対比する時、きわめて興味ある所見が得られた。

すなわち、術前低値をとり、術後約 2 カ月で高いピークを作り、その後比較的速かに下降を示す山形を呈するもの (I 型)、術前より高く、一旦上昇するが約 1 カ月後に低いピークを作り、その後はおだやかに下降するもの (II 型)、術前より高く、下降の一途をたどるもの (III 型)、に分類することができたのである。

そして I 型に属するものは、脊髄腫瘍に代表される型で、術前の筋力低下は著明で、その回復とともに S/D は約 2 カ月後に高いピークを示し、その後比較的速かに膝蓋腱反射の正常化とともに S/D は下降を示している。II 型は、頸椎々間板症に代表される型で、術前の筋力低下は比較的軽度であり、その回復も速く、S/D は約 1 カ月後に低いピークを形成するが、その後は膝蓋腱反射の緩徐な正常化とともに、おだやかに下降を示している。III 型に属するものは、術後の筋力回復はあまり著明でなく、むしろ腱反射の正常化と平行してはじめから S/D は下降を示しているのである。

これらの結果より S/D の推移と臨床症状の経過との相関々係を総括してみると、明らかに S/D の上昇は、筋力の回復と平行し、S/D の下降は、腱反射の正常化と平行しているように思われたのである。

ひるがえって、脊髄前柱細胞に対する上位中枢からの影響について考察を加えてみると、Magoun と Rhines (1964)<sup>9)</sup>らはネコにおいて脳幹網様体を刺激することにより、膝蓋腱反射および伸張反射に促進、あるいは抑制効果が現われることを観察し、促進効果は、橋、中脳網様体から視床の中心線の核、髄板内核にわたる部位の刺激で現われ、抑制効果は延髄の腹内側部の網様体の刺激で現われ、これら両神経機構からの脊髄への下行線維は、いずれも前索を通るが、促進効果を示す線維の方が、より背側部を通ることなどを明らかにしている。その他、Thulin (1953)<sup>10)</sup>、Gerunandt と Thulin (1955)<sup>11)</sup>、須田、小泉、Brooks ら (1958)<sup>12)</sup>も、ネコにおいて、脳

幹網様体刺激により、脊髄前柱細胞に対し、促進と抑制効果があることを確かめている。

そこでヒトの脊髄前柱細胞に対しても、上位中枢より影響を与える因子として voluntariness ならびに促進性因子と、抑制性因子とにわけて考えれば、著者の示した S/D と臨床症状の推移はある程度説明がつくように思われる。すなわち、脊髄に対する圧迫は、まず前柱細胞の抑制系からの解放 (release) を起こし、痙縮を起こさせ、進行すれば促進性因子とともに voluntariness の低下をきたして筋力低下を起こさせる。従って胸髄部脊髄腫瘍に代表される I 型に属する症例では、圧迫が比較的高度で、抑制性因子のみならず、voluntariness ならびに促進性因子も障害されたものと考えられ、筋力の低下と平行して閾下縁も狭くなっている。しかしながら、腫瘍の発生部位ならびに範囲が狭かったことから、脊髄の障害が可逆的なものであったために、術後促進性因子の回復が先行して、筋力のすみやかな回復とともに閾下縁も拡大し、S/D が上昇するものと思われた。さらにある時点まで来ると抑制性因子の回復も著明となって、腱反射の正常化と平行して S/D は低下して来るものと思われる。

一方頸椎々間板症に代表される II 型に属する症例では、臨床的にも圧迫は I 型に比べ高度ではなく、従って抑制性因子の障害はあっても促進性因子、あるいは voluntariness の障害は I 型に比し軽度であると思われる。従って術前の筋力低下は軽度で、かつ促進性因子の早期回復とともに筋力の回復も速い。しかしながらその後 S/D の回復の遅延は抑制性因子の回復が緩徐であることを物語り、前方法手術に基づく機械的除去効果が I 型に比べ、小であるかあるいは機械的圧迫以外の因子などの考慮を必要とすると考えられた。

さらに著者の III 型に属する症例の場合には、S/D の上昇が見られず、最初から抑制系の回復が前面に出て、S/D は直ちに下降を示している。このことは促進因子あるいは voluntariness がより高度に障害されたためであると考えられ、III 型では単なる機械的圧迫によるものでなくして他の因子を考える必要があることを強く示している。

さて脊髄圧迫による脊髄症状の発生には、圧迫という機械的因子を重視する機械的障害説の他に、Tureen (1938)<sup>13)</sup>ら以来の血行因子を重視する血行障害説がある。最近では Tönnis (1962)<sup>14)</sup>らにより、脊髄内血行動態より、特に強く障害されやすい部を「抵抗減弱部」として、脊髄症状の発現に重要な役割を演じていると述べている。また福田 (1969)<sup>15)</sup> は動物実験により脊髄周囲の pial plexus が広範囲に閉塞されると、虚血性ミエロパ

チー、なかんずく脊髄錐体側索路の変性を起こすことを説明している。

この点、著者の III 型に属する症例では、頸椎部の広範囲な腫瘍か、または多椎間にわたる椎間板症であることなどから考慮するとき、III 型には血行性因子が強く関与していることを示唆するものである。

さて、上述のごとく S/D の推移のパターンにより、種々の因子の痙縮の発現に関与している度合を知ることができると考えれば、ある程度回復の経過を推測できると思われる。すなわち、I 型の経過をとる脊髄腫瘍は、最も予後のよいもので、脊髄腫瘍でも III 型の経過をとる時は回復は遅延するものと思われる。また、頸椎々間板症に伴う脊髄症状は比較的遷延するものであって、なかでも III 型の経過をとるならばさらに回復は遅延するものと思われる。

また、痙縮の発生に関しては、後根線維からの側芽説を唱えるものも多いが、S/D の推移によって脊髄運動ニューロンにおける興奮性レベルの変動を見ると、圧迫の除去によって痙縮も回復し始めるなど、変化の早い点、側芽形成などによる固定した変化でないことは明らかであって、本研究はこの点にも、一つの重要な示唆を与えたものと考えられる。

稿を終わるに臨み、ご懇篤なご指導と、ご校閲を賜った井上駿一教授に心より感謝いたします。また、生理学上有益なご助言をいただいた、第一生理学教室本間三郎教授に深謝いたします。さらにまた、終始直接ご指導とご助言を下された近藤正治博士、山中力博士はじめ筋電図班諸兄に厚く感謝いたします。

なお、本論文の要旨は、第 21 回、第 22 回日本筋電図学会総会で発表した。

#### SUMMARY

5 cases of spinal cord tumor and 10 cases of cervical spondylosis with spasticity were subjected to evoked electromyographical analysis, especially making use of activity curve of discharge zone and subliminal fringe in motor neuron pool, with the following results.

1) They were classified into three patterns according to the changes of ratio of subliminal fringe to discharge zone in area (S/D).

2) The changes of S/D showed good coinci-

dence with the changes of clinical findings, that is, S/D showed ascent in parallel with recovery of muscular power and showed descent with normalization of knee jerk.

3) From the study, the influence of the nervous center to motor neuron and the clinical prognosis were suggested.

#### 文 献

- 1) Hoffmann, P.: Demonstration eines Hemmungsreflexes im menschen Rücken-Mark., Z. Biol., 70, 515-524, 1920.
- 2) Hoffmann, P.: Die physiologischen Eigensaften der Eigenreflexe., Erg. Physiol., 36, 15-108, 1934.
- 3) Magladery, J. W. McDougal, D. B. Jr.: Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man: I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibers., Bull. Johns Hopkins Hospital, 86, 265-290, 1951.
- 4) Magladery, J. W., Porter, W. E., Park, A. M. and Teasdall, R. D.: Electrophysiological studies of nerve and reflexes activity in normal man: IV. The two-neurone reflex and identification of certain action potentials from spinal root and cord., Bull. Johns Hopkins Hospital, 88, 499-519, 1951.
- 5) Magladery, J. W., Teasdall, R. D., Park, A. M. and Porter, W. E.: Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man: V. Excitation and inhibition of two-neurone reflexes by afferent impulses in the some nerve trunk., Bull. Johns Hopkins Hospital, 88, 520-537, 1951.
- 6) Magladery, J. W., Teasdall, R. D., Park, A. M. and Languth, H. W.: Electrophysiological studies of reflex activity in patients with lesions of the nervous system: I. A comparison of spinal motoneuron excitability following afferent nerve volleys in normal person and patients with upper motor neurone lesions., Bull. Johns Hopkins Hospital, 91, 219-244, 1952.
- 7) 本間三郎, 三浦光彦, 近藤正治: 人体運動ニューロンプールの閾下縁に関する研究, 千葉医会誌, 40, 259-265, 1964.
- 8) 富田 裕: 脊髓運動機能に関する筋電図学的研究, 第17回筋電図学会シンポジウム口演, 1964.
- 9) Magoun, H. W. and Rhines, R.: Inhibitory mechanism in bulbar reticular formation., J. Neurophysiol., 9, 165-171, 1946.
- 10) Thulin, C. A.: Motor effect from stimulation of the vestibular nuclei and the reticular formation., Acta physiol. Scand., 28, Suppl., 103, 1953.
- 11) Gernandt, B. E. and Thulin, C. A.: Reciprocal effects upon spinal motoneurons from stimulation of bulbar reticular formation., J. Neurophysiol., 18, 113-129, 1955.
- 12) Suda, I., Koizumi, K. and Brooks, C. McC.: Reticular formation influences on neurones of spinal reflex pathway., J. Neurophysiol., 21, 111-123, 1958.
- 13) Tureen, L. L.: Effect of experimental vascular occlusion on the spinal cord., Arch. Neurol. psychiat., 35, 789-807, 1938.
- 14) Tönnis, D.: Mangel durchblutung als Ursache von Rücken marksschädigungen; Münch, Med. Wschr., 103, 1338-1370, 1961.
- 15) 福田真輔: 頸髄の虚血性 myelopathy に関する実験的研究, 日整会誌, 41, 215-235, 1967.