

人体運動ニューロンプールの閾下縁に関する臨床的考察

—筋電図における高振巾放電に 対する誘発筋電図学的研究—

千葉大学医学部整形外科学教室

近藤 正治

SEIJI KONDO

(昭和39年8月11日受付)

I. 緒言

脊髓反射の経路において、前角の motoneuron-pool の果たす役割については、Waldyer (1891), His (1889), Cajal (1933) らの neuron 説により説明されると同時に、Sherrington⁽¹⁾⁽²⁾らによつて実験的にその機構が明らかにされるようになった。すなわち収斂 (convergence) する2つの求心性線維を刺激する時、筋の収縮の合計は、個々に活動する時の和よりも小さい。このような“contraction-deficit”の原因が、central inhibition の結果でもなく、Wedensky type の interference によるものでもないことを実験的に証明し、reflex が空間的に overlap するためであると説明した。

人体においては、reflex を空間的に加重させることが難しい。しかし同一求心性神経を違った部位で閾下刺激する時、明らかに synapse において刺激の加重の起るのが見られる。これは時間的加重 (temporal summation) によるものではあるが、2つの刺激の subliminal fringe が加重され得るものであることを示しており、その際の reflex の増大が、2つの subliminal fringe の重なり合つて発射 (discharge) した部分に相当すると考えられるのである。本間ら⁽³⁾⁽⁴⁾はこの重なり合う部分を計測することにより、ある程度 subliminal fringe の広がりを見出し、人体の脊髓前角における motoneuron-pool の性質を推定しようとした。

また脊髓性小児麻痺などの前角細胞疾患で、一般の筋電図に高振巾放電を発現する如き病的状態にある時、motoneuron-pool がどのような働きをしているかを知ることは興味ある問題である。殊に筋電図における高振巾放電の起因に関しては、従来種々の説があつて未だ決定的でない。Buchthal ら⁽⁵⁾は炎症により前角細胞の興奮性が高まるために同期

的に発射するようになると説明し、Kugelberg⁽⁶⁾あるいは Rohmer ら⁽⁷⁾は末梢性の因子を重視し、殊に“compensatory branching”により、参加する活動単位の増加することによると説明した。

著者はこのような高振巾放電を発現する脊髓の機能を、subliminal fringe の広がりから検索し、高振巾放電の原因が脊髓の level にあると考えられる知見を得た。そのうち脊髓性小児麻痺で、complete synchronization voltage を発現する症例を選んで、知見の一部を発表する。

II. 検査方法

Subliminal fringe の計測には、あらかじめ閾値より少々大きい試験刺激を与えて H 波を出して置き、5~10 msec の間隔で、時間的に最も加重される時点を探して前置 (条件) 刺激を与えた。この刺激される神経上での interaction を避けるために、同一神経幹上に2つの電極を置いて、別々の電極を通じて刺激を行つた。この時間々隔で2つの閾下刺激を与えた時に出現する H 波が、synapse において加重したものであることは、先の論文でも述べた通りであるが⁽⁴⁾、なおこの H 波に振巾とともに応答時にも促進現象の見られること、および前置 (条件) 刺激を消す時、試験刺激による H 波も消失すること、前置 (条件) 刺激に H 波が出ると、試験刺激の H 波が逆に小さくなることなどから、この H 波が試験刺激による subliminal fringe に、前置刺激のそれが加重して生じたものであることが分る。

被検者はいずれも脊髓性小児麻痺患者で、罹患後10年ないし15年経過し、罹患側下肢の短縮、筋萎縮著明で、膝蓋腱反射、Achilles 腱反射は低下または欠除しているが、随意収縮時下腿三頭筋に complete synchronization voltage を認め、また

誘発筋電図では比較的容易に H 波を検出し得るものを選んだ。

その他実験被置などの詳細は前述の論文に述べたので省略する。⁽⁴⁾

III. 検査成績ならびに考按

前置 (条件) 刺激を徐々に強くして行く時、前置刺激による H 波が出るより先に、試験刺激による H 波が大きくなり始め、前置刺激の subliminal fringe が試験刺激に影響を与えていることを示している。(図 1 の A)

脊髄性小児麻痺患者についての加重された曲線を調べてみると、正常人に見られる曲線の上にさらに高い振巾を持つ H 波が出現する。これは脊髄性小児麻痺患者の H 波の振巾変動が非常に少いことから、単なる振巾変動だけでなく、既に加重されて

discharge した subliminal fringe に、さらにある範囲の subliminal fringe が加つて同時に discharge に参加するのではないかと考えられる。

このことは単に H 波の振巾変動を見ても分るのであるが、一般に脊髄性小児麻痺の患者で H 波を導出しているとき、その振巾変動の巾は極めて小さく、刺激強度を強くするときは all or none に高い振巾の H 波が出現する。このことは教室の斎藤 (篤)⁽⁸⁾ が多数の小児麻痺患者の筋を、塩化金法および渡銀法により染色し鏡検した結果、強度に萎縮した骨格筋線維の中にあつて、求心性受容器である筋紡錘はかなりよく保たれていることから、H 波振巾変動の異常が、求心性線維の病的状態によるというよりは、むしろ前角における synapse あるいは motoneuron の病的状態によると考えた方がよいように思われる。

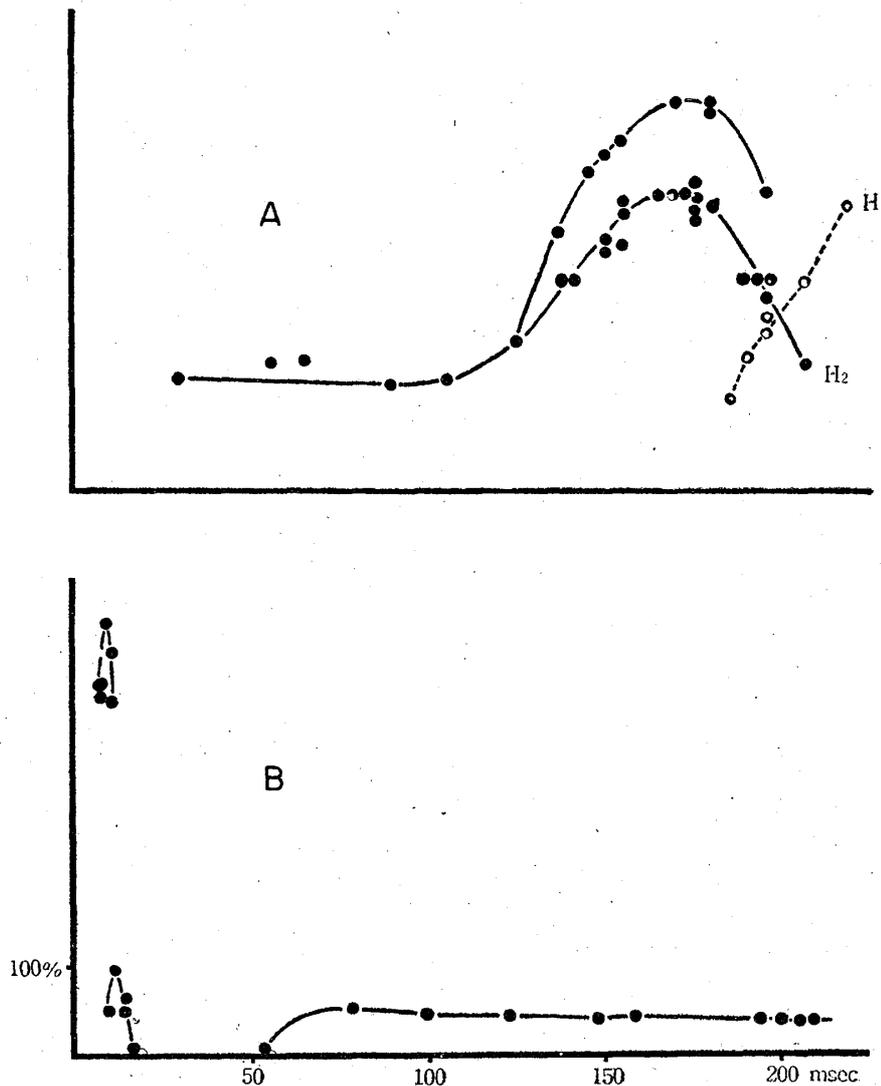


図 1. A. Subliminal fringe

B. Recovery curve

事実主として synapse における興奮の回復過程を示す脊髄反射伝達回復曲線 (H-recovery curve) を画いてみると、一般に脊髄性小児麻痺では不応期の延長、あるいは回復の遅延が見られるが、特異的なことは、このような complete synchronization voltage を示す症例では、10msec 前後に極度に高い振巾を持つH波が発現する (図1-B)。従来脊髄反射伝達回復曲線に関しては、40~50msec 以後の回復過程のみが主として取り上げられ、その部における不応期の短縮または延長、あるいは過常期または抑制の有無などが問題になり、10msec 前後に起る現象は等閑視されて来た傾向がある。10 msec 以内に見られる H 波の発現が、synapse における subliminal fringe の加重と、2重刺激に対する求心性神経あるいは synapse の不応期により modify されたものであることは明らかであつて、ここに発現するH波が、synapse における subliminal fringe の有り方に対する一つの指標となるものと考え、ここに all or none に高い H 波が出ることは、ある範囲の motoneuron-pool が同時に同じ subliminal fringe に含まれ、これが firing level に達する時は、その全体が宛も1つの機能的単位であるかの如くに firing するため、高振巾の H 波が生ずるものとする。

また山崎 (1960)⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ は H 波の反復刺激法を用いて脊髄における反射機能を調べ、殊に脊髄性小児麻痺の患者においては特異的な pattern が出現することを示した(図2)。すなわち反復刺激の周波数が小さい間は、H 波振巾の動揺性が極めて小さく、周波数が大きくなると100%を越える大きい振巾と脱落とが交互に規則正しく出現する。山崎はこの現象を説明して、数の減少した状態にある synapse 群が同期性の興奮を起すためであるとしているが、これは極めて興味深い事実である。すなわち反復刺激により、H波を生ずる motoneuron-pool は、宛も1つの機能的単位の如き態度を示すのである。このような現象は正常人あるいは小児麻痺患者でも synchronization voltage を認め難い健側では起らない。事実われわれの検査でも、正常人では2重刺激による subliminal fringe の加重された H 波に高振巾の部分が出現することはないし、回復曲線を画いても、10 msec 前後にそのような高振巾 H 波を証明することは難しい。また単発刺激を徐々に強くしていく時にも、正常人では H 波振巾は滑らかに増大する。

ただし小児麻痺患者ではH波についてもやはり刺激の漸増に対して段階的な増強を示すことがある。高振巾放電の成因にも Rohmer⁽⁷⁾ らの "compen-

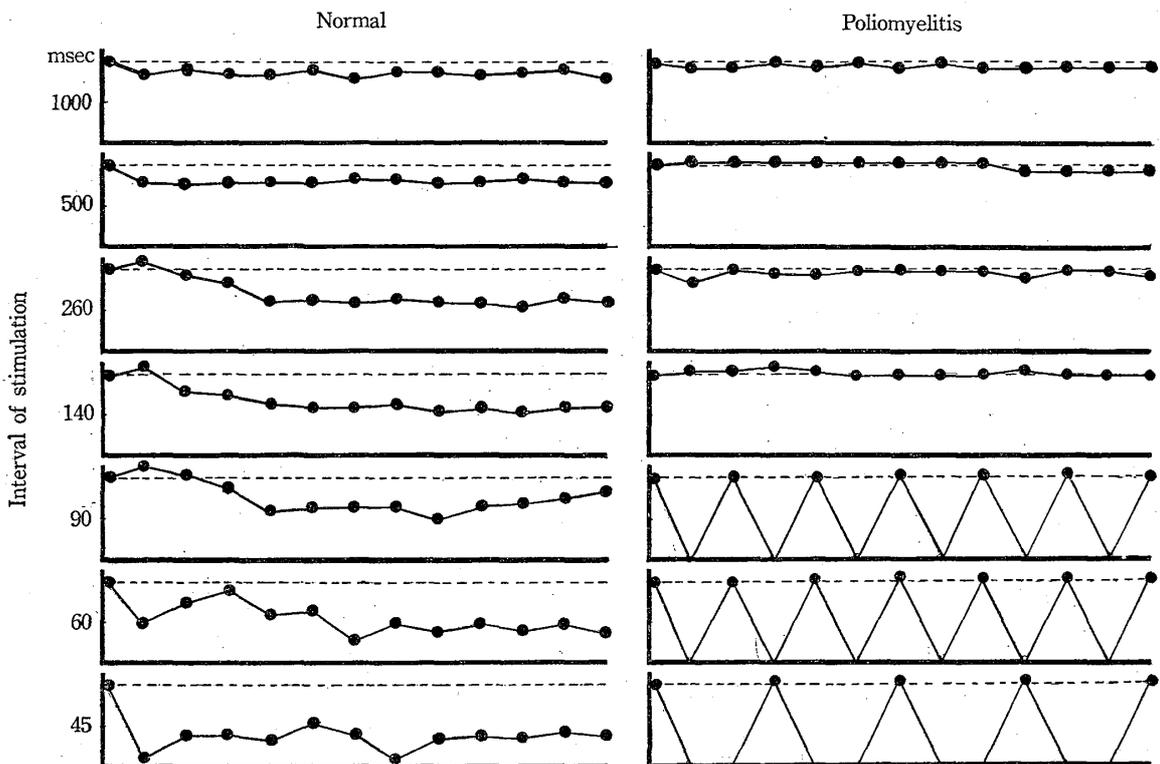


図2. H-wave fluctuation under repetitive stimulation (Yamazaki 1960)

satory branching”により、1個の活動単位に属する筋線維数の増加によつて大きな spike が発現するという可能性もあり、事実 Coersら⁽¹¹⁾の論文、あるいは斎藤（篤）⁽⁸⁾の多数の小児麻痺患者の筋組織標本でも、多数の arborization の像を認めている。また motoneuron の変性により、運動性末梢神経のうち、ある閾値の異なる線維の group のみが残るということも有り得ることである。しかしながら subliminal fringe の加重による H 波の出現あるいはその促進現象等が、synapse において起るものとするならば、M 波における段階的な現象はむしろ2次的なものと考えてよいと思われる。したがつて H 波のこのような態度を示す原因は、主として脊髄の level にあるものと考えられるのである。

IV. 結 語

以上脊髄前角細胞疾患において、筋電図上屢々観察される高振幅放電の成因に関して、誘発筋電図学的検討を試み、その原因が主として脊髄の level で motoneuron-pool にあることを種々の検査成績より示した。

すなわち subliminal fringe の加重により通常発現する H 波の増高の他に、高振幅の H 波が出現すること、また回復曲線にも同様の時間的關係で高振幅放電を認めること、求心性刺激の漸増に対して、H 波が段階的に増高することなどの事実から、また諸種の文献的考察より、脊髄前角細胞疾患においては、ある範囲の motoneuron-pool が機能的に1つの運動単位の如く働いているものと考え、かかる疾患の際の高振幅放電の原因は、主として脊髄の level で motoneuron-pool にあることを結論した。

V. 参 考 文 献

- 1) Denny-Brown, D. & Sherrington, C.S.: Subliminal fringe in spinal flexion., J. Physiol., 66, 175~180, 1928.
- 2) Sherrington, C.S.: Ferrier Lecture—Some functional problems attaching to convergence., Proc. Roy. Soc., B105, 332~362, 1930.
- 3) 本間三郎・三浦光彦・近藤正治：誘発筋電図による脊髄内閾下縁に関する研究，第5回日本低周波医学会総会口演
- 4) 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，千医誌，40，～，1964.
- 5) Buchthal, F. & Clemmesen, S.: On the differentiation of muscular atrophy by electromyography., Acta psychiatrica et neurologica, 16, 143~181, 1941.
The electromyogram of atrophic muscles in cases on intramedullar affections, Ditto. 18, 377~387, 1943.
- 6) Kugelberg, E. & Taverner, D.: A comparison between the voluntary and electrical activation of motor units in anterior horn cell diseases. On “central synchronization” of motor units., Electroencephalography and clinical neurophysiology., 2, 125~132, 1950.
- 7) Rohmer, F., Marx, C. and Isch, F.: Recherches électromyographiques dans les sèquelles de poliomyélite., Rev. neurol., 79, 748~755, 1947.
- 8) 斎藤：未発表
- 9) 山崎：反覆刺激法に基く脊髄反射機能の誘発筋電図学的研究，千医誌，36，31~49，1960.
- 10) 鈴木他：整形外科領域に於ける筋電図学の応用（脊髄性小児麻痺を中心とした誘発筋電図の研究），臨床脳波，5，1~12，1963.
- 11) Coers, C. & Woolf, A.L.: The innervation of muscle. A biopsy study., Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1~159, 1959.