

骨格筋随意収縮の調節に関する誘発筋電図的研究

第 1 編

正常人の誘発筋電図における H 波の振巾に関する研究

岡山大学医学部陣内外科教室 (指導: 陣内傳之助教授)

沼 本 育 夫

〔昭和 37 年 3 月 23 日受稿〕

第 1 章 緒言並びに文献

人体において、末梢神経を経皮的に電気刺激し、それによつて誘発される骨格筋の筋電図、即ち誘発筋電図について、最初に系統的に研究を行なつたのは、Hoffman¹⁾である。彼により見出された脛骨神経刺激による脊髄反射性のヒラメ筋の誘発筋電図は後に Magladery ら²⁾により、H 波と命名された。Magladery らの一連の研究^{2,3)}によれば、この H 波は正常人では、脛骨神経刺激により腓腸筋群から得られるほかは、股神経刺激により四頭股筋から認められるだけで、他の神経を経皮的に刺激しても、その支配下の筋からは通常得られない。またこの H 波は、第 1 にその潜時が平均約 30 msec であり、比較的長い点から、脊髄反射性のものであること、第 2 にこれと反対に潜時の短い、M 波、即ち末梢神経中の運動神経線維の直接の興奮による誘発波形よりも H 波は低い刺激閾値をもつ点から、この H 波の発生機序は、末梢神経中組織学的に最も直径の太い、即ち生理学的には伝導速度の最も速いかつ刺激閾値の最も低い求心性神経線維、即ち Bradley ら⁴⁾の分類による group Ia 線維が、経皮的電気刺激により興奮しておこるものであると述べている。この group Ia 線維は、骨格筋の中にある stretch receptor である筋紡錘の中の環らせん終末 (annulo-spiral ending) より発するものとされている。

Magladery ら²⁾の研究によれば、この H 波を検出する際、刺激の強さを段々と強めてゆくと、まづ H 波が出現し、それが刺激の強度が大となると共に次第に振巾を増大し、一定程度まで振巾が増大すると、次に M 波が出現し、今度は M 波が増大するとともに、反対に H 波は刺激の増強に従つて振巾を減じ、遂には H 波は消失し、M 波が最大に認められるに到するという現象を認めている。そしてこの H 波及び M 波の

振巾の変化の現象の解釈として、前記の如き運動神経線維の直径と、求心性の group Ia 線維の直径の差による刺激閾値の差を挙げている。即ち運動神経線維が興奮するような刺激の強さに達すると、運動神経線維中を逆方向性 (antidromic) にインパルスが、運動性脊髄ニューロンに向つて上昇し、この逆方向性インパルスと、一方求心性 group Ia 線維のインパルスにより誘発された前柱細胞から下降して H 波をおこすべきインパルスとが、衝突して中和する。従つてその衝突中和した分だけ H 波をおこすインパルスが減少するので、H 波の振巾の減少がおこるのであらうと説明している。

一方、H 波振巾の増大に関しては、Hoffman の記載¹⁾によれば、被検筋の随意収縮により、H 波はその振巾を増すという。そしてまた、前記のヒラメ筋や四頭股筋以外の筋で、通常は H 波を検出し難い諸筋でも、随意収縮中に支配神経に電気刺激を加えて検すると、H 波を容易に出現せしめうることを述べている。これらについては、村島⁶⁾や高瀬⁷⁾らの追試がある。なお、その機序については、村島⁶⁾や沼本⁸⁾は、上位中枢からの随意収縮のインパルスにより、脊髄運動性ニューロンの興奮性が亢進するために、末梢運動神経線維を逆方向性に上昇してくる antidromic impulse に打ち勝つて H 波が容易に出現するようになるのであると述べている。しかしこれに反して Hassler⁹⁾は、随意収縮による spindle activity の増大によるものであると述べている。

以上の如き H 波の振巾に関する問題はすべて検査条件の差異によつて現われるものであるが、このようなものの他に、一定の検査条件下、例えば安静にして筋を弛緩せしめておいた状態でも、なお振巾に相当な変動の存在することを祖父江ら¹⁰⁾は強調している。

私は、これらのすべてのH波の振巾の変動が、脊髄のレベルでおこるものか、或いは上位中枢からの調節によつておこるものであるかについて追求を進めようと企て、その第一歩として、まず正常人におけるH波の振巾の動揺の正常範囲を定め、次いで、その正常範囲以上の変動が随意収縮によつておこる機序を究明しようと企てたのである。

第2章 検査方法

第1節 被検対象

健康なる成年男子15名、女子7名について検査を行なつた。

被検者は、シールド室内のベッドの上に腹臥位をとらして検査を行なつた。足関節部には、高さ10~15 cmの枕を置き、足関節はこの状態における重力による自然の位置、即ち堀¹¹⁾の記載による中間位とした。従つて膝関節は約160度の屈曲位となつた。なお、胸部には大きい枕を置き、呼吸の楽な状態とし1乃至2時間に亘る検査にも苦痛のないようにした。また、一部の被検者では、検査側を上にした側臥位で行なつたが、この時は、下方にある反対側の下肢を約90度に屈曲せしめておき、検査側の膝関節は約160度の屈曲位とし、その下腿及ば足部は約10 cmの厚さの毛布の上にのせて検査を行なつた。

冬季においては、室温に十分注意を払い、概ね18°C以上とし、寒さによるふるえを避けた。

第2節 検査装置

第1項 筋電計

三栄測器製、8チャンネル脳波計のうち2チャンネルを用い、その出力を、日本光電製、電子管切替式2現象オシロスコープに入れた。増巾器の時定数は、0.05秒を用いた。

第2項 筋電図記録

筋電図を記録するには、上記ブラウン管オシロスコープに現われる波形を連続記録写真装置により、35 mm オシロペーパー上に撮影記録した。なお筋電図の振巾の計測にあつては、これを実物幻灯機によつて投影し、拡大されたものを計測して正確を期した。

第3項 刺激装置

日本光電製 MS-1A 型電子管式刺激装置を用いたが、これを多少改良し、二発刺激も得られるようにした。

出力電圧は、被検対象により相当差があるが、針

電極を使用した場合は、2~15V、表面電極使用の場合は、5~40Vであつた。

刺激波形は矩形波で、その持続時間は2 msecのものを用い、刺激頻度は2秒に1回とした。2発刺激を用いた場合は、第1の刺激と、第2の刺激は、電圧、持続時間とも同一であつた。

第4項 電極

a. 筋電図導出電極

これは、堀¹²⁾の記載した直径約8 mmの銀製カップ状のもので、中に食塩糊を充填し、コロジウムを浸したガーゼ片で皮膚に貼付するいわゆるモントリオール型¹³⁾のものを用いた。これは電極の動揺による artefact を極力避けるためである。

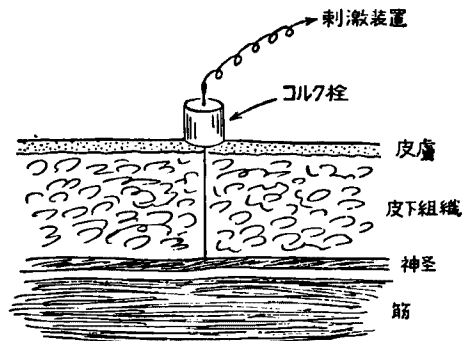
この型の電極を2個用い、下腿においてヒラメ筋上に約4 cmの間隔で筋に平行して接着した。

b. 刺激用電極

これには針状のものと表面電極との2種類を用いた。

針状のものは、1/3 皮下針に小コルク片で鐳をつけたものを1本、単極性に用いた。この鐳は、針の刺入の深さに従つて皮膚に接するように調節し、針の動揺を防ぐ目的に用いた(第1図参照)。

第1図 刺激用針電極

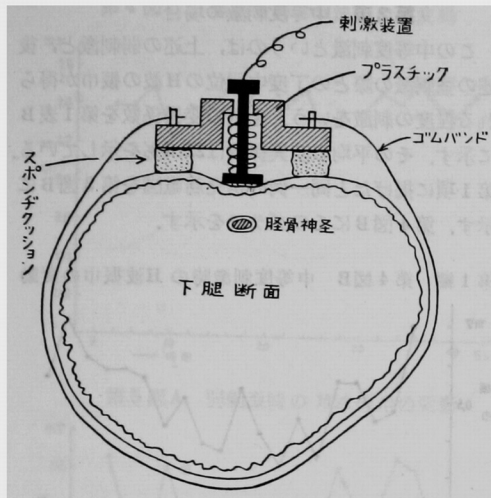


表面電極としては、皮膚への圧迫が完全に保たれるように、第2図に示す如く、スプリングにて常時一定の圧が加わるように自作したものを用いた。

これらの刺激電極は、膝窩において、脛骨神経を刺激するために、予め治療用の球状表面電極で神経の走向を確認した後、最も適当な刺激点え刺入、或いは固定した。

不関電極は銀製平板で、大きさは、4×5cmで、これに電極糊を塗布し、ゴムバンドにて上腿の屈側中央部に固定した。

第2図 刺激用表面電極固定装置



第5項 呼吸曲線の描記

内径約 5 mm, 長さ約 5 cm の軟性ゴム管内に飽和硫酸銅溶液を充し, 両端に銅線の電極を挿入し, この電極を上記脳波計の入力に接続した。このゴム管の両端に紐を付け, これを被検者の胸壁を繞らせ, 適当なる緊張をゴム管に与えるように糸の両端を結ぶ。これによつて胸廓の呼吸運動に際して, ゴム管が伸縮し, 従つて硫酸銅液柱の電気的抵抗が変化するので, ブラウン管上にその変化による曲線が現われる。なお, この際増巾器の時定数は 1.5 秒とした。

第6項 振巾変動の表現法

誘発筋電図にあらわれる H 波の大きさは, 刺激電圧によつても異なり, また個々の被検対象によつても相異なるので, その振巾の変動を表現し比較するためには, 標準偏差の如く単位 (即ちここでは V) を有するものでは, 個々の例の相互の間の変化を比較することはできない。従つて, ここでは統計学で用いられる, 変異係数 coefficient of variation 即ち $V = 100 \times \frac{S}{m} \%$ (V は変異係数, S は標準偏差, m は算術平均) で表わすこととした。なお, H 波は 20 個の連続したもの, 即ち, 2 秒に 1 回の割合で刺激を加えているので, 約 40 秒間連続して出現する H 波について計測を行なつた。

第7項 末梢神経の撰択的ガンマ線維遮断の方法

これは福¹²⁾の方法では, 2%塩酸プロカイン 3 乃至 6cc を, 脛骨神経に注射することが述べられているが, 私はプロカインより安定性が高く, 且つ

効果の持続の長い, キシロカイン (藤沢薬品) を用いた。キシロカインは市販のものを 0.5% になるように生理的食塩水で稀釈し, これに拡散因子であるスプレーゼ (持田製薬) を 1 cc あたり 40 単位の割合で添加したものを用いた。

このキシロカインの 0.5% とゆう濃度は, 予め, 5 例のパーキンソニズムの患者に用いて, 振頻に影響を及ぼさず, 筋強剛のみを消失せしめる各種濃度をテストした結果である, この濃度では, 痛覚, 温度覚が消失するが, 触覚は保たれている。なお, 交感神経線維が麻痺する結果, 皮膚温は上昇し, パイロメーターにて測定すると, 反対側に比し約 2°C の上昇をみとめる。

第3章 検査成績

第1節 刺激電圧の強さと H 波の動揺性

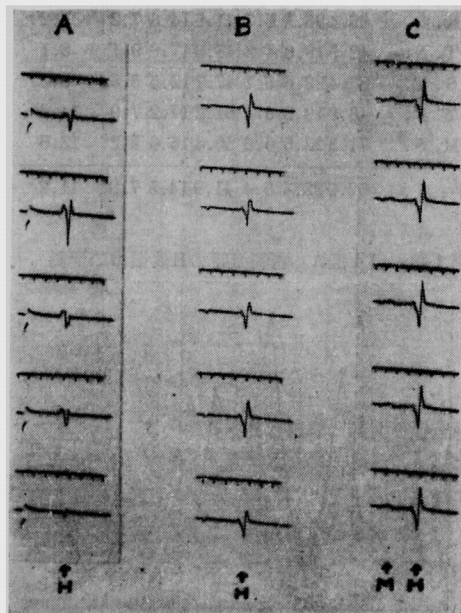
第1項 弱刺激の場合

ここで弱刺激というのは H 波が漸く明らかに出現する程度の刺激をいうのであるが, そのボルト値は被検者により異なり, これは恐らくは電極の接着状態, 皮下脂肪組織の厚さ, 或いは神経の皮下における走向などの諸因子によるものと考えられる。

総計 22 例の被検者の H 波の振巾変動を, 変異係数によつて示すと, 第 1 表 A の如くであり, 全例の平

第3図 刺激強度と H 波の振巾変動

A 弱刺激 B 中等度刺激 C 強刺激
(強刺激のときはわずかに M 波もみとゆられる)
time mark : 10 msec

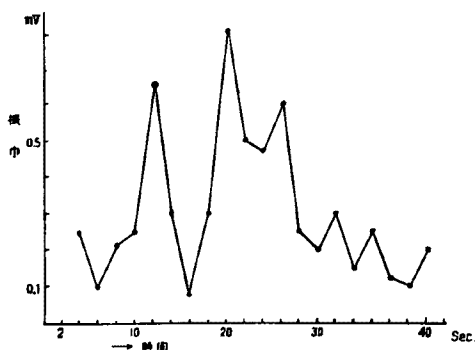


均の変異係数は57.9%を示している、このうちの1例の誘発筋電図を第3図Aに示す、第4図Aはそれをグラフにしたものである、

第1表 正常人における刺激の強さの変化による振幅の変動

区分 被検者	H 波			M 波			H波
	A	B	C	D	E	F	G
	弱刺激	中刺激	強刺激	弱刺激	中刺激	強刺激	強刺激と随意収縮
A. N.	66.5	23.7	5.1	38.6	14.1	8.1	12.5
H. M.	42.3	18.6	4.7	37.2	13.6	7.5	8.7
I. A.	58.6	22.1	3.2	42.0	14.9	8.2	9.6
T. S.	70.2	25.7	6.2	45.6	15.1	7.6	11.5
M. N.	72.3	24.6	5.8	44.1	13.7	8.3	12.7
S. O.	46.6	17.6	4.3	40.5	14.6	8.1	8.8
I. N.	55.7	21.6	5.2	37.7	13.5	7.7	8.5
H. N.	71.6	25.3	6.0	39.8	15.2	8.4	12.5
T. Y.	40.6	21.3	4.8	39.2	13.6	8.0	9.0
J. M.	49.8	24.2	5.2	37.5	14.3	7.6	14.6
T. O.	65.4	21.6	7.1	38.2	13.2	5.9	13.2
T. T.	58.7	24.3	6.7	41.6	14.7	8.5	10.7
T. I.	62.3	20.3	5.2	42.7	12.5	7.7	12.4
K. U.	47.6	22.5	4.8	36.9	13.6	8.8	9.8
M. K.	51.7	25.1	5.8	39.5	15.7	7.6	11.5
R. S.	70.6	22.7	5.6	37.8	15.3	6.5	13.1
H. F.	69.8	21.5	6.3	45.6	12.7	8.5	15.6
K. S.	65.4	25.3	5.7	41.6	14.8	7.2	7.2
T. N.	42.5	19.8	4.2	46.8	17.6	9.1	8.1
S. T.	55.4	22.6	5.7	47.7	12.5	6.8	8.6
Y. F.	48.9	19.3	5.1	51.2	17.2	7.9	14.2
M. S.	71.3	22.5	6.2	50.4	16.6	9.2	13.6
平 均	57.9	22.4	5.4	41.9	14.5	7.9	11.2

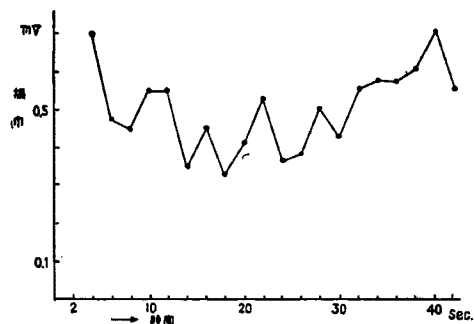
第1編 第4図A 弱刺激時のH波振巾の変動



第2項 中等度刺激の場合

この中等度刺激というのは、上述の弱刺激と、後述の強刺激の際との丁度中間位のH波の振巾が得られる程度の刺激をいう。全例の変異係数を第1表Bに示す。その平均の変異係数は22.4%を示している。第1項に掲げたと同一例の誘発筋電図を第3図Bに示す。第4図Bにそのグラフを示す。

第1編 第4図B 中等度刺激時のH波振巾の変動



第3項 強刺激の場合

誘発筋電図でH波を観察する場合、刺激を段々強めてゆくと、最初小さなH波が出現して、これが段々振巾を増してゆき、その振巾が最大に達すると、今度はH波よりずっと潜時の短いM波が同時に出現するようになる。このM波が出現してくるようになると、それ以上刺激を強くしても、H波は振巾を増さず、却つて減少を示すようになる。このM波の出現し始めたときの刺激強度をここで強刺激とよぶこととする。

この強刺激の際のH波の振巾変動を変異係数で表わすと第1表Cの如くで、その平均は、5.4%である。第1項及び第2項と同一例の強刺激の際のH波を第3図Cに示す。そのグラフを第4図Cで示す。

第2節 刺激電圧の強さとM波の動揺性

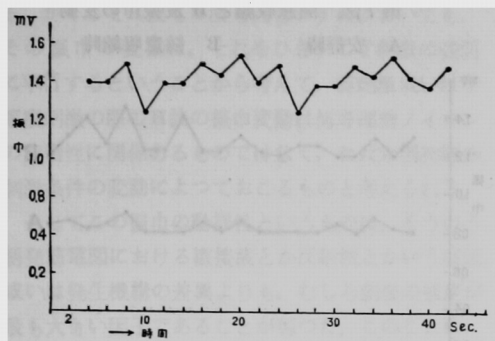
第1項 弱刺激の場合

これは、M波が漸く明瞭に認められるような程度の刺激を加えた場合であつて、この場合の全例のM波の変化を示すと第1表Dの如くで、その平均は41.9%であつた。

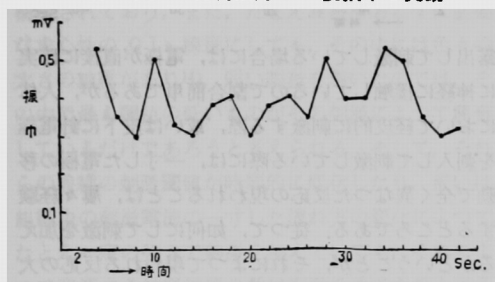
第5図Aに1例の振巾変動をグラフで示す。

なお、このM波の検査に際しては、H波の場合と異なり、刺激電極の位置を移動して、M波が最も弱い刺激でしかも明瞭に出る刺激点を求めて記録した。これは同一被検対象でもM波の刺激点は、多少その位置が異なることが多いからである。

第4図C 強刺激時のH波振巾の変動



第5図A 弱刺激時のM波振巾の変動

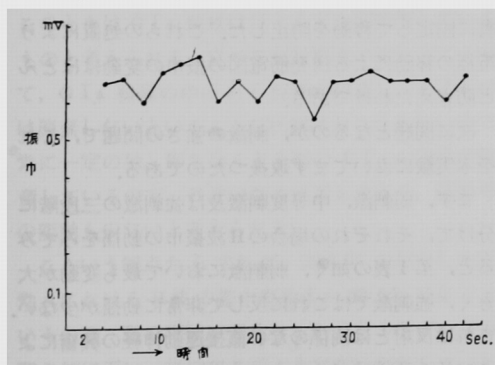


第2項 中等度刺激の場合

これは、前記の弱刺激の際と、後述する強刺激の際との丁度中間位のM波の振巾が得られる程度の刺激を与えた場合である。この際のM波の変異係数を第1表Eに示す。その全例の平均の変異係数は14.5%であつた。

第1項と同一例の振巾変動のグラフを第5図Bに示す。

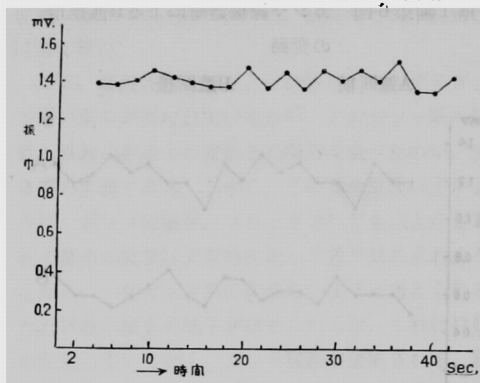
第5図B 中等度刺激時のM波振巾の変動



第3項 強刺激の場合

これは、M波が最大となる程度の刺激を加えた場合で、その際のM波の変動を第1表Fに示す。全例の平均の変異係数は、7.9%であつた。

第5図C 強刺激時のM波振巾の変動



第1項、第2項と同一例の振巾変動のグラフは第5図Cである。

第3節 ガンマ線維の選択的遮断とH波振巾の変動

被検者7名において、福の記述¹²⁾に従い、刺激点より約5cm下方において、スプレーゼ加0.5%キシロカイン溶液、2乃至5ccを脛骨神経に注射し、これによつて末梢神経内のガンマ線維を選択的に遮断した。そしてこの遮断前後のH波の振巾変動を比較したものが第2表である。なお、このうちの1例のH波振巾の変動をグラフで表示したものが第6図A及びBである。

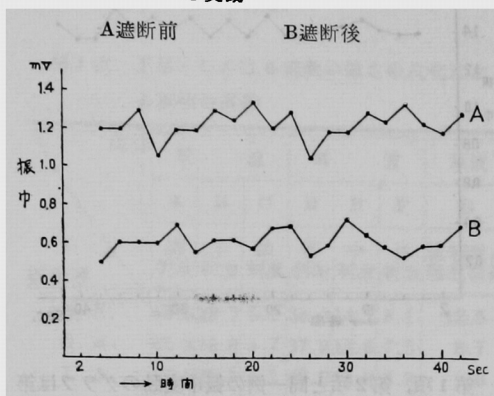
第2表 プロカインによる遮断によるH波振巾の変異係数

被検者	遮断後	遮断前
A. N.	5.1	6.3
I. A.	3.2	4.7
H. N.	6.0	5.5
J. M.	5.2	7.2
K. U.	4.8	4.1
M. K.	5.8	6.4
M. S.	6.2	8.5
平均	5.2	6.1

すなわち、ガンマ線維遮断後は、H波の振巾は多くの例において小さくなるが、その変動の変異係数は殆んど差を示さない。

なお、刺激の強度は、遮断後では強刺激でないとH波の十分な振巾が得られないので、これと比較するため、遮断前も強刺激を使用した。

第1編第6図 ガンマ線維遮断によるH波振巾の変動



第4節 随意収縮によるH波振巾の増大及びその変動

全被検例において、強刺激を用いてH波を生ぜしめておき、ついで足趾に検者が手掌をあて、これに対して、足関節を蹴屈せしむるようにして、腓腹筋及びヒラメ筋に随意収縮を行なわしめた。このようにして随意収縮を被振筋に行なわしめると、すべての例においてH波の振巾の増大を認めた。その振巾増大は60%乃至140%に及んだが、これは勿論随意収縮の強さにより異なつた。

なお、この随意収縮の際のH波振巾の変動をしらべてみると、第1表Gの如くで、全例の平均の変異係数は11.2%を示しており、安静時における強刺激の場合の5.4%に比し、変動の増大をみとめた。

H波の振巾の変化を1例についてグラフ化したものを第7図A及びBに示す。

第5節 呼吸運動とH波振巾の変動

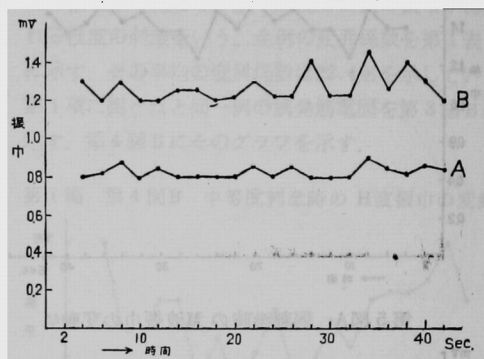
強刺激を加えた際のH波の振巾変動と呼吸運動との関係を、同時記録によ呼吸曲線と誘発筋電図を対比して観察したが、第8図にその代表的な1例を示す如く、全例において、何らの相関関係は認められなかった。

第4章 総括並びに考按

われわれが、神経を電氣的に刺激する際に最も判り難いことは、如何に刺激電流が実際に神経に流れているかである。これは、動物実験などで、神経を

第7図 随意収縮とH波振巾の変動

A 安静時 B 随意収縮時

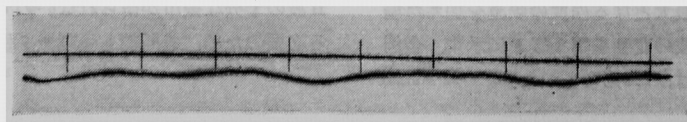


露出して刺激している場合には、電極が直接に確実に神経に接触しているので割合簡単であるが、人体において経皮的に刺激する際、或いは皮下に針電極を刺入して刺激している際には、一寸した電極の移動で全く異なつた反応の現われることは、屢々経験するところである。従つて、如何にして刺激を加えるかということが、それによつて現われる反応の大きさ或いは型などを云々する際には最も重要なことである。それ故、まず検査に用いる電極の選択の問題は、この実験で最も苦心したところであつて、刺激中における電極の移動を避けるために、一定の圧力を皮膚に向つて加えるように、第2図の如くスプリングとゴムバンドを用いた。これによつて電極の移動は全く防止し得た。また、その他の例で皮下組織が厚くて、表面電極では十分な刺激が出来ない場合には、針状電極を直接皮下を通じて、脛骨神経近辺に刺入し、これを第1図の如く、コルク鏝にて皮膚に固定して移動を防止した。これらの処置により電極の移動による誘発筋電図の振巾の変動はほとんど防ぎえたわけである。

次に問題となるのが、刺激の強さの問題で、これを本実験においてまず取扱つたのである。

まず、弱刺激、中等度刺激及び強刺激の三段階に分けて、それぞれの場合のH波振巾の動揺をみると、第1表の如く、弱刺激において最も変動が大きく、強刺激ではこれに反して非常に動揺が少ない。これは反射とは関係のない直接運動神経の興奮によるM波の検査結果についても同様の傾向を示してい

第8図 呼吸運動とH波 呼吸線は上向きが呼気 H波は毎秒1/2回



る。かくしてH波もM波も両者いずれにおいても、その振巾の変動は、それをひきおこす刺激の強弱に平行するということから考えて、弱刺激或いは中等度刺激の際のH波の振巾変動は何等運動ノイロンの興奮性に関係あるものではなく、ただ末梢神経の刺激条件の変動によつておこるものと考えられる。

そしてこの振巾の動揺性というものは、そういう誘発筋電図における直接波とか反射波とかいう成因、或いは発生機構の差異よりも、むしろ刺激の強度が最も大きい因子であることが判つた。このことは、末梢神経というものは、色々の太さの線維によつて構成されており、また、たとえH波をおこすに必要な求心性のG Ia 線維にしても、その中には色々の太さの線維があり¹⁴⁾、弱い刺激を用いたのでは、その中で最も閾値の低いものがその刺激によつて興奮しているだけであろうと考えられる。そして、それらの線維の刺激閾値が時間的に変化したり、或いは組織中の刺激電流の一寸した流れ方の変化によつて、たとえ一定の強さで刺激を加えていても、それによつて興奮する神経線維の数は変動を来すものと考えられる。一方、表面電極で得られるM波やH波の振巾の大きさというものは、刺激されて興奮する神経線維の数に比例するものであるから、上述の理由によつて弱い刺激では興奮する神経線維の数の時間的変動が大で、従つて誘発筋電図の振巾の変動は大きいわけである。これに反して、M波が少し出現する程度の所謂強刺激を用いた場合には、M波をおこす α 運動線維は求心性のG Ia 線維に次いで直径が太く、従つて閾値もG Ia 線維に次ぐわけであるので、このときはG Ia 線維はほとんど全部興奮しているものと考えられる。従つて刺激電流の流れ方によつて、G Ia 線維の中のある線維が興奮し、あるものは興奮しないというような状態はおこりえないので、常に一定の数、即ち殆んど全部のG Ia の線維が興奮しているので、H波の振巾は最も大きく、且つその変動も少ないと考えられる。

こういう観点からすれば、岡部¹⁵⁾の報告した正常人におけるH波の振巾変動率が22.5%であるというのは、私の実験に対比せしむると中等度刺激の際の値に近い。従つてこのような弱い刺激を用いたのでは、前述のように、H波の生成に関与する求心性G Ia 線維が全部興奮していないので、連続した刺激の時間的経過中には、興奮する神経線維の数が変動しているものと考えられる。従つてこのような刺激の下におけるH波の振巾の変動は、刺激条件の

変動が加わつたものであつて、純粋なH波の変動とは認め難い。

次に、最近脊髓反射ことに伸張反射に対するガンマ系の関与が叫ばれているが¹⁶⁾、このガンマ系の活動とH波の振巾との変動との関係を調べたのが、第3節の実験である。しかし、この実験結果の示すように、ガンマ線維が、ブロックされてもほとんどH波の振巾の変動は正常時に比して差が認められぬことから、一応ガンマ系は関係ないように考えられる。ただH波の振巾の低下が認められるが、これは村島の記述している如く、ガンマ線維が遮断されて、筋紡錘からの求心性インパルスが減少したために、前柱細胞の興奮性が低下したためと考えられる。

次に随意収縮とH波の振巾との関係であるが、随意収縮によつてH波の振巾が増大するということは、すでにHoffman¹⁾により認められており、村島⁶⁾、高瀬⁷⁾、沼本⁸⁾らもこれを認め、その機序として、村島⁶⁾、沼本⁸⁾は、プロカインによるガンマ線維の撰択的麻酔の実験において、随意収縮に際してPyramidal tract を下降してくるインパルスにより、前柱細胞の興奮性が亢進して、H波振巾の増大がおこるとしている。このことは、動物実験においてLloyd¹⁷⁾によつて示された如く、延髄錐体の刺激により、脊髓の単シナプス性反射がfacilitationを著しくうけるということによつても裏付けされることである。また最近、芦立¹⁸⁾はパーキンソン症の患者において、定位的脳深部手術に際して内包の近傍に深部電極を挿入し、この部に電気刺激を加えることによつてH波の振巾の著しい増大と、脊髓前柱細胞の興奮性の亢進とを認めており、かくして錐体路を下降するインパルスが、前柱細胞の機能に大なる影響を及ぼすことは明らかである。これに対して本間¹⁹⁾は、末梢神経刺激に際して、遠心性の α 運動神経線維が刺激されて生ずる所の逆方向性(antidromic)インパルスが、反射性に下降してくる順方向性(orthodromic)インパルスと衝突して減却(occlusion)をおこしている時に、随意収縮によつて下降してくる順方向性インパルスが増加するのでH波が大きくなると説明している。何れにしても、上位中枢から随意収縮に際して下降してくるインパルスが、H波の振巾を増大せしめることには間違いなく、第4節の実験の如く60~140%の振巾増大が認められたのである。ただこのとき、H波の振巾変動が、安静時に比して増大することが認められたのであるが、これは随意収縮を起すべく下降して

来たインパルス数が常に一定ではないためとも考えられる。また他の要因としては、随意収縮の調節機構によるものが考えられる。即ち随意収縮中に一定の力を得るためには、ガンマ系の筋紡錘に対するコントロールや、筋紡錘からの求心性インパルスによる前柱細胞の興奮性の変化などがあるので、これらの自己調節機構、即ちサーボメカニズムが、随意収縮中には常に平衡を保つように働いているわけであり、従つて余り強く収縮しすぎると、これを弱くし、反対に余り弱い収縮ではこれを強くするように、恰も天秤の左右への振動のように前柱細胞の興奮性が変動しているので、その現われとしてH波の振巾も変動するのであらうと考えられる。

最後に、呼吸運動とH波振巾の変動との関係について第5節の成績の如く、その間に相関関係は、まとめられなかつた。これは、時実²⁰⁾らが、呼吸に関係のない筋の随意収縮中に、その筋の正常神経筋単位の発射間隔と呼吸運動との関係を追求し、その間に相関関係のあることを認めたので、私も、呼吸運動による延髄よりの下降性のインパルス、或いは、胸筋よりの求心性インパルスが、他の脊髓のレベルの部の前柱細胞の興奮性に何等かの変動を与えるの

ではないかと思つて調べてみたのである。しかし、H波の振巾変動に関する限り上述の如く、相関関係は認められなかつた。

第5章 結 論

正常人22名において、脛骨神経電気刺激によるヒラメ筋からの単シナプス反射性のH波誘発筋電図の振巾変動に関する諸要因を調べ、次の如き結論を得た。

1) 脛骨神経を電氣的に刺激する際、弱い刺激を用いるときにH波の振巾変動が極めて大きい。これはM波についても同様であつた。しかし強刺激を用いると、M波、H波何れの波も最も変動が少なく、全部の平均の値で、その振巾の変異係数は、M波は7.9%、H波は5.4%であつた。

2) ガンマ線維の撰択遮断によつては、H波の振巾変動はほとんど影響を受けなかつた。

3) 随意収縮を行なわしめ乍ら、強刺激でH波を連続的に記録すると、安静時に比して、その振巾の変動は大となることを認めた。

4) H波の振巾変動と、呼吸運動との間には、何等の相関関係が認められなかつた。

Electromyographical Studies on Regulation of Voluntary Contraction of the Skeletal Muscle.

Part 1. Studies on the Amplitude of the H-Reflex in the Normal Subject.

By

Ikuro NUMOTO

Department of Surgery Okayama University Medical School

Instructor: Prof. Dennesuke JINNAI

An electromyographical examination was studied on the normal subject. The action potential of the gastrocnemius muscle was recorded combining with the electrical stimulation on the tibial nerve. The record was consisted with two kinds of actionpotentials, the faster was called M-wave and considered as the actionpotential by the direct stimulation on the efferent fibers, and the later was called H-wave (Hoffman's wave) and considered as monosynaptic reflex actionpotential.

1. The H-wave and M-wave appeared to have rather unstable amplitude even by the same parameter of stimulation in the lower voltage, but showed more stable amplitude in the higher voltage on the same subject. At maximum stimulation for H-reflex, the fluctuation index of H-reflex amplitude was 5.4%, and the same of M-reflex amplitude was 7.9%.

2. No influence on the amplitude of H-reflex was observed by selective procaine block of 7 fiber in the tibial nerve.

3. The fluctuation of H-reflex amplitude was increased by a voluntary contraction of the gastrocnemius muscle.

4. No relationship was observed between the fluctuation of H-reflex amplitude and respiratory movement.
