論 説

誘発筋電図の臨床的応用

閾値測定についての1考案

的 場 正 宏
城 島
田 平 礼 章

On the Clinical Application of Evoked EMG

(An Idea for Measurement of Threshold)

by

Masahiro Matoba, Tamotsu Jozima, Hiroaki Tabira

Department of Orthopedic Surgery, Faculty of Medicine,
Kyushu University.

緒 言

人間に於て、経皮的に N. tibialis を膝窩部で電気刺激し、腓腸筋より誘発筋電図を導出すると、潜時数 msec の M 波と、30 msec 位の H 波の2種類の電位が得られる。M 波は運動神経線維が刺激され、その Impulse が直接筋に達して得られたものであり、H 波は運動の調整に大きな関係のある筋紡錘からの求心性線維の興奮が、monosynaptic に反射して筋に達して得られたものである。(図1)

図 1
↑ Artifact M 波 H 波

この方面の研究は、1922年 Hoffmann¹⁾ によつて始められ、1950年以来 Magladery²⁾ が人間を対象として、臨床的応用について研究した。我が国に於ては、千葉大鈴木、木間³⁾⁴⁾三輪⁵⁾等、北大藤森⁶⁾⁷⁾等によつ

て、基礎的臨床的研究が始められ、筋強剛、スパズムス、足間代等の筋緊張や運動調整系の欠陥を示す脳脊髄性疾患々者のH波について研究が進められている。

誘発筋電図法には通常直角刺激波が用いられているが、このとき経皮的に皮下の神経に一定量の直角刺激波が与えられねばならない。

本間⁸⁾は皮膚の電気的性質を研究し、皮下の神経に直角刺激電圧が加わる装置を考案し Balancing network 法と名づけている。著者等も皮膚の電気的性質を考慮して、皮下の神経に直角電流刺激が作用する簡単な回路を考案し、これを用いて H 波の閾値について研究した。

方 法

体位は側臥位、膝関節は軽度屈曲とし、足関節は中間位、又は他動的懸屈位、背屈位とする。

刺激には日本光電製 isolated out put stimulator によつて Duration 1msec の直角矩形波を用いるが、このとき著者等の考案した補償回路を介して刺激電極を皮膚に装着する。刺激電極として、直径8mmの銀円板を膝窩部の N. tibialis の直上部にあて、不関電極として、3×4cmの矩形電極を大腿後内面に固定する。

誘導には、直径8mmの銀円板2箇所を、腓腸筋部の皮膚上に筋線維の走行に平行に、2cmの間隔で装着し、日本光電製ブラウン管オシログラフに導き、観察記録する。

結 果

刺戟装置と、刺戟対象である神経との間にある、皮膚の電気的等価回路、及び著者等の考案した補償回路は図2の通りである。

図 2

図2に於て、ABは刺戟装置の出力端子で、直角電圧Eを発生する、点線四角内が補償回路で、 R_1 は $1\text{ k}\Omega$ 、 r_1 は $5\ \Omega$ の固定抵抗、 C_1 は $0.01\ \mu\text{F}\sim 10\ \mu\text{F}$ の可変コンデンサーであり、補償回路の調整をするものである。 r_2 、 R_2 、 C_2 が皮膚の電気的等価回路、 r_3 が皮下組織液の小さい抵抗で、 r_3 両端の電圧が神経の刺戟電圧と考えられている。 $A'B'$ は皮膚にあてる電極に相当する。 r_3 には r_1 と同じ波形の電流が流れるので、 r_1 の両端の電流波形をブラウン管上で観察し、 C_1 を動かして波形が直角矩形波になるようにすれば、神経には直角刺戟電流が加えられたことになる。今 C_1 を0とすれば e_1 には図3上段の様な立ち上りの尖った矩形波がえられる。これは皮膚等価回路中のコンデンサー C_2 のためと思われる。次に C_1 を大きくすると、図3中段の様に尖りは次第に円くなり、遂には下段の如く原電圧と同じく、直角電圧となり、始めて刺戟閾値の測定が可能になる。

この様な準備の下に、正常人について、腓腸筋の長さによって変動するH波の閾値を測定すると表の如き値をえた。

被検者の足関節を中間位とし、腓腸筋は固有の緊張を保たせた状態で閾値を測定すれば、 $1.2\text{ mA}\sim 2.2\text{ mA}$ の値を得る。次に足関節を他動的に最大背屈し、腓腸筋を引きのばした状態で測定すると、 $1.7\text{ mA}\sim 3.2\text{ mA}$ の値を得る。これ等の測定値間には個人差および同一

図3 C_1 を0とすれば e_1 は立ち上りの尖った矩形波となる。

表 1

Thresholds and ratios of thresholds of H-wave at different muscle lengths.

Normal Subject & Age	Intermed. Length mA	Long Length mA	Long Intermed. %	Mean Ratios %
M.M. 28	1.6	2.4	150	145
	1.3	1.7	131	
	1.5	2.5	167	
	1.3	1.7	131	
	1.5	2.2	146	
M.I. 28	2.2	3.0	137	147
	2.0	3.0	150	
	1.9	3.2	168	
	1.5	2.2	147	
	1.8	2.4	134	
T.J. 33	1.4	2.3	164	152
	2.0	3.0	150	
	1.4	2.2	157	
	1.7	2.4	141	
	1.2	1.8	150	

人でも測定毎の差がかなり認められる。これは刺激電極の接触抵抗や皮膚の電気的性質が時々刻々変化しているのも原因と思われるので、この条件が殆んど同じ状態で測定された最大背屈位と中間位の閾値の比をとると、平均 145%~152% で殆んど個々の差が減少し、最大背屈位では閾値の上昇が起ることを示す。

次に足関節を他動に最大蹠屈し、腓腸筋を短縮した状態で測定すると、1.4mA~2.5mA の閾値を得る。これらの値と中間位の値との比をとると 112%~123% で、この場合も個々の差が減少し、閾値の上昇を示す。

表 2

Thresholds and ratios of thresholds of H-wave at different muscle lengths.

Normal Subject & Age	Intermed. Length mA	Short Length mA	Short Intermed. %	Mean Ratios %
M. M. 28	1.6	1.7	105	114
	1.3	1.6	123	
	1.5	1.7	113	
	1.3	1.6	123	
	1.5	1.6	107	
M. I. 28	2.2	2.4	109	112
	2.0	2.3	115	
	1.9	2.1	110	
	1.5	1.7	113	
	1.8	2.0	111	
T. J. 33	1.4	1.8	128	123
	2.0	2.5	125	
	1.4	1.7	121	
	1.7	2.1	123	
	1.2	1.4	116	

考 察 並 び に 総 括

本間は、人体皮膚の電気的性質を研究し、Balancing network 法を提唱したが、著者等も皮下の神経に直角の刺激電流が与えられる様な補償回路を考察した。

この回路を使用し、正常人について、腓腸筋の長さによつて変動するH波の閾値を測定すると、足関節を中間位とし腓腸筋を固有の緊張状態においた場合に閾値は最も低く、腓腸筋を引き伸ばしても、短縮しても閾値は上昇する。堀等⁸⁾は足関節中間位のH波の振巾を100%とすれば、他動的背屈、蹠屈時には何れも振巾が減少することを認めている。この場合背屈時のH波振巾の減少は、筋紡錘からの Impulse が脊髄に達して、 r Bias を低下する様に働くためと説明している。然し最大背屈時には Golgi の腱器官も興奮して γ -motoneuron に抑制的に作用⁹⁾ し、この他にまだ不明の神経終末よりの γ -細胞に対する抑制とか、筋紡錘に存する flower spray ending からの影響、等も想定されるので直ちに結論を出すことは出来ない。今後尚ほ検討を加えられる問題であろう。

文 献

- 1) Hoffmann, P.: Untersuchung über die Eigenreflex menschlicher Muskeln. Springer Verlag Berlin. 1922.
- 2) Magladery, J. W.: Some observation on spinal reflexes in man, Pflügers Archiv, 261, 302—21. 1955.
- 3) 本間三郎：人体における閾値その他の電気刺激諸値の測定とその応用，電気治療，文光堂，1956.
- 4) 本間三郎：誘発筋電図の基礎とその応用，日本の医学の1959年，5，398—407，1959.
- 5) 三輪清三他：神経筋疾患の新しい電気診断法，(2) 人体脊髄反射活動—その臨床応用，内科，1，934—40. 1958.
- 6) 藤森聞一：末梢神経刺激筋電法の原理とその臨床応用，日本医事新報，1700，10—15. 1956.
- 7) 藤森聞一：H波及び Monosynaptic reflex とその中枢機序に及ぼす諸要因，脳と神経，10，823—37. 1958.
- 8) 堀 浩 他：反復誘発筋電図法，神経研究の進歩，3，413—34. 1959.
- 9) Granit, R.: Receptors and sensory Perception. Yale University press. 1956.