秋山の興奮伝導模型を用いての不応期に関する研究*

石 田 宗 夫・岸 康 一**

群馬大学医学部第1生理学教室 (主任 松本政雄 教授)

緒 言

神経・筋等の被刺激性形体が一度興奮した場合には、その後或る期間は再び刺激を加えても興奮しない期間があり、この期間を不応期と名づけていることは衆知の如くである。併し斯かる期間が存在する機序については未だ充分明かにされていない。最近小林⁹⁾は山極—Lillieの経神模型を用いて、この模型に於いて観察される不応期と同様の現象について研究し、そのよつて生ずる機序を殆ど余す所なく示し、神経線維・筋線維等に於ける不応期も模型に於けると同様であろうと推論し、この問題の解決に対して重要な示唆を与えた。併しながら山極—Lillieの模型の場合とその回復機序を異にする秋山の模型^{1,2)}に於いても同様であるか否かを知ることは、神経線維等の不応期のよつて生ずる機序を研究する上に重要なことであろうと考えたので表題の如き研究を企てたのである。

実 験 方 法

実験材料としては、鉄の核を少量の硝酸を含む AgNO_3 溶液中に浸した所謂秋山の興奮模型を用いたが、その際核は直径10mmの円形の表面だけを残し、他の部はすべて Modelling compound で被覆し、之を70ccの AgNO_3 溶液 (少量の硝酸を含む) に浸し、同じ溶液中に浸した Nichrome 線電極を刺激電極として期間 30msec の電流を送り刺激し、その際の閾は適

用した電圧値を以つてすることとし、一度興奮した後の種々の時点に於いて刺激閾を測定し、これによつて不応期の状態を知る示標とした。併し核に興奮を起してから種々の期間を経たときの状態は表面に全く膜のない核を溶液中に浸してから、同じ期間を経たときの状態と同様であることが知られているので、実際に核に興奮を起してから後の刺激閾を測定しないで、膜のない核を液中に浸しその後の時間即ち浸漬時間と刺激閾の関係を求めた。一定期間 (30msec) の刺激電流を送るためには2つの開放電鍵の附属した振子式の Rheotome を用いた。尚その際の電氣的連結法等は図1に示す如きものであつた。

図1 実験装置

B: 電源, K_1 , K_2 : 電鍵, R: 可変抵抗, r: 固定抵抗, V: 電圧計, E: Nichrome 線電極, S: 開閉器, Fe: 核 (直径10mm), M: Modelling compound, AgNO_3 : 硝酸銀溶液, T: 温度計, TS: 恒温槽

* STUDIES ON THE REFRACTORY PERIOD BY MEANS OF AKIYAMA'S MODEL OF EXCITATION CONDUCTION

** Muneo Ishida and Yasuichi Kishi: I. Department of Physiology, School of Medicine, Gunma University. (Director: Prof. M. Matumoto)

実 験 成 績

1. 種々の濃度の AgNO_3 溶液を用いた場合

AgNO_3 溶液の濃度 0.5, 2.0 及び 4.0% 等の溶液中に一定量の硝酸 (1.5%) を加え、之等の溶液中に核を浸した 後一定期間 (30 msec) の電流に対して閾を測定すれば浸漬時間と閾の関

図2 刺激閾と浸漬時間との関係 (1)
等量 (1.5%) の硝酸を含む 2.0 及び 0.5% の AgNO_3 溶液を用いた場合。
刺激電流の期間: 30 msec, 液量: 70 cc, 液温: 16.0°C.

図3 刺激閾と浸漬時間の関係 (2)
1.5% の硝酸を含む 4.0% の AgNO_3 溶液を用いた場合。
刺激電流の期間: 30 msec, 液量: 70 cc, 液温: 15.0°C.

係は浸漬時間が短いと閾は低く、浸漬時間の増大と共に上昇した。即ちこの関係は不応期にみられるものとは逆であつて興奮直後は却つて閾が低くその後次第に上昇する関係を示した。 AgNO_3 の濃度が 0.5% のものでは浸漬時間の上昇に伴つて閾の上昇が比較的わずかで (図2), 2.0% の濃度の液中では 0.5% の液の場合より同じ時間に対して閾は高く、又上昇も稍々速か (図2), 4.0% の濃度の AgNO_3 溶液中では閾は最も高く、浸漬時間の増大に伴つて閾の上昇は最も速かであつた (図3)。此等の事柄は AgNO_3 の濃度が高い程初めから閾が高く時間と共に閾の上昇が速かであることを示しているものであろう。

2. AgNO_3 溶液中の硝酸の濃度を種々にした場合

AgNO_3 の濃度を一定 (2.0%) に保ち、この中に加える硝酸の量を 0.5%, 1.0% 及び 1.5% にした場合について、浸漬時間と刺激閾の関係を求めれば、図4 及び 5 に示す如く何れの場合にも浸漬時間と共に刺激閾は上昇するが、1.5% の硝酸を含む液中では同じ浸漬時間に対し最も閾が低く、1.0%, 0.5% の順に高くなる。又時間と共に上昇する経過も 1.5% の硝酸を含む液

図4 刺激閾と浸漬時間の関係 (3)
2.0% の AgNO_3 溶液中に 1.0 及び 1.5% の硝酸を加えた場合。
刺激電流の期間: 30 msec, 液量: 70 cc, 液温: 16.0°C.

図5 刺激閾と浸漬時間の関係 (4)
2.0%の AgNO_3 溶液中に0.5%の硝酸を
加えた場合。
刺激電流の期間: 30msec, 液量: 70cc,
液温: 15.0°C 。

の場合最も緩やかで、次に1.0%の溶液の場合で(図4), 0.5%の液中では上昇は最も速であつた(図5), これ等の事柄から硝酸の濃度が小である程、初めから閾は高く上昇も速であるものと見做し得るであろう。

考 按

以上実験成績に示した如く、浸漬時間が小であれば刺激閾は低く、この時間と共に上昇して行くこと即ち興奮直後は閾が低くその後次第に高まつて行くということは、不応期少くとも相対不応期に類似の期間は存在しないことになる。山極—Lillieの模型では逆に不応期に相当する期間が明かに認められるのであるが、斯様な差が如何にして生ずるか、山極—Lillieの模型では静止時は殆ど回復力を欠き一度興奮した後はじめて回復力が発現し、之が回復を齎すことになるが、その後回復力は或期間残留する。この残留する回復力と発生した強い回復力によつて、核の表面の膜が最もよく形成された状態との両者が刺激閾の上昇した状態、即ち相対不応期の状態を齎すわけであつて、この回復力の減退と膜が次第に消失しかけることにより刺激閾は低下するというのが小林^{3,4)}の研究結果である。然るに秋山の模型では回復作用は AgNO_3 そのものによるわけで、興奮によつて特に強まることもなければ、又興奮後暫時にし

て消失することもなく常に大体に於いて一定の強さに保たれているわけである。従つて回復力の強弱による閾の変化はないわけで、閾は一に膜の出来方に依存する。然るに膜の出来方は陰性後変動によつて示される電位の経過からも知られる如く、一度興奮してから次第に密に形成されて行くものと見做されている。この様にして一度興奮した後に於いて刺激閾の高い状態を来す原因は皆無であつて、却つてその低下した状態にあることは実験成績の示す如くである。

斯くして神経等に於いて不応期(少くも相対不応期)のよつて生ずる理由は、一に興奮という過程を通して回復力が発生し、それが回復が行われた後も過剰に残存することに主なる理由があると考えられるわけである。従来漠然と考えられている如く回復の不充分な状態はかえつて刺激閾の低い状態を示すものと見做されるわけである。併し回復ということを最も広くとり、始めの様な状態にならないことと解すれば、之は別問題であるが斯様な表現を用いることはさけるべきだと思う。

以上秋山の模型に於いて不応期が見られないことから、山極—Lillieの模型に於いて不応期のよつて生ずる原因に関する小林の研究結果の妥当性について論じたのであるが、之等の事柄は生体特に神経線維等に於ける不応期の問題を明かにする上に極めて重要な示唆を与えているものであろう。

総 括

AgNO_3 溶液に少量の硝酸を加えた溶液中に鉄の核を浸した所謂秋山の興奮模型を用いて、不応期に関する実験を行い次の如き結果を得た。

1. 核を液中に浸してから後の種々の時点で一定期間の電流を用いて刺激閾を測定し、この時間と刺激閾の関係を求めれば、時間が小さいと閾は低く時間の増大と共に閾は上昇し、不応期類似の現象は認められなかつた。

2. AgNO_3 の濃度が高い程、又これに加え

た硝酸の量が少ない程同じ時間に対する閾は高く、又時間の増加による閾の上昇経過は急であつた。

以上の事実から秋山の模型の如く興奮の前後に於いて常に回復力が一定している様な場合には、不応期は存在しないであろうことを論じ、山極—Lillie の模型に於ける如く興奮という過程を通して回復力が発生し、これが回復後も残存することが不応期に対する主な原因であり、回復不充分的ときは却つて刺激閾の低い状態であつて決して不応期の状態にはならないことを結論し、これ等の事柄は神経線維等に於ける不

応期を考察するに当つては極めて重要なことを示唆していると述べた。

文 献

- 1) Akiyama, I. : Gunma J. of Med. Sci. 4 : 41, 1955.
- 2) Akiyama, I., S. Sato and R. Nose : Gunma J. of Med. Sci. 6 : 8, 1957.
- 3) Kobayashi, N. : Gunma J. of Med. Sci. 5 : 109, 1956.
- 4) 小林直哉・小林英一郎・松岡輝生 : 北関東医学, 7 : 636, 1957.

秋山の興奮模型の核に対する発生機の水素の 刺激作用について*

城 山 浩・新井今朝雄・三 瓶 司**

群馬大学医学部第1生理学教室 (主任 松本政雄 教授)

我々は既に電気化学的興奮模型 (山極 Lillie の神経模型をを变形したもの) を用いて実験し発生機の水素は刺激作用を有し興奮性膜を破壊するが水素ガスそのものは殆ど無力であることを述べた¹⁾。そこで我々は更に秋山の興奮模型²⁾を用いて前回と同様の実験を行つたので報告する。

実 験 方 法

実験に使用した電気化学的興奮模型は秋山の興奮模型で長さ約1cm, 太さ1.3mmの軟鉄線の核を2%硝酸銀溶液に少量の硝酸を入れたものの中に約1分間浸漬し

その表面に興奮性膜³⁾を形成したのち水洗し之を別の稀硫酸又は硫酸銅溶液等の溶液に浸し又稀硫酸中に亜鉛塊を入れて水素を発生させつつある場合にその中に入れたとき等に於いて核に興奮が起るまでの時間を比較したものである。この際核をこれ等の液の中に入れてから興奮が起るまでの時間を測定するに当り之等の液中に浸した電極(ニクロム線又は炭素)と核を適當の抵抗を介して電圧計に導き、核に電位の変化が起り興奮が起つたことが示される時間を秒時計で測定し或は又電位の変化を電磁オシログラフで描記してそのオシログラムについて興奮が起るまでの時間を比較した(図1)。

* ON THE STIMULATING ACTION OF NASCENT HYDROGEN ON THE CORE OF AKIYAMA'S MODEL OF EXCITATION.

** Hiroshi Shiroyama, Kesao Arai and Tsukasa Sambe : Department of Physiology, School of Medicine, Gunma University. (Director : Prof. M. Matumoto)