

80.

612.816.1

電流通過區間ノ長短ガ神經纖維ノ
興奮性ニ及ボス影響

岡山醫科大學生理學教室（主任生沼教授）

醫學士 小坂 壽

[昭和7年11月10日受稿]

*From the Institute of Physiology, Okayama Medical College
(Director: Prof. Dr. S. Oinuma).*

The Influence of Altering the Inter-Polar Length of
Galvanic Stimulation upon Nerve Excitability.

By

Hisasi Kosaka.

Received for publication November 10, 1932.

In examining the influence of alterations in the inter-polar length of galvanic stimulation on the excitability of a frog's sciatic-gastrocnemius organisation, many experiments were made in which direct current and induction shock and several different arrangements for stimulation were employed. In all this apparatus for electrical stimulation, special precautions were taken to obviate alteration of the current applied.

There are three principal theories current on the question of the effect of altering the inter-polar length of galvanic stimulation on nerve excitability. The first is that the strength of the stimulating current required to produce the minimum muscular twitch becomes lower as the inter-polar length increases. The second, on the contrary, maintains that an opposite effect is achieved; that is to say, that the strength of the current decreases when the inter-polar length increases, because the electrical resistance is thereby also increased. The third opinion is that the effect is in inverse relation to the ascending or descending direction of the current.

Reviewing these theories in the light of the results gained from the present experiments, the following conclusions are submitted.

(1) The excitability of the frog's sciatic nerve, at first rapidly and then gradually, increases as the interpolar length of the stimulating current is increased.

(2) The results of Marcuse and Tschirjew, who insist that the increase of nervous excitability reaches its maximum value at a definite inter-polar length, were not sustained by these experiments.

(3) The effect of alteration of the inter-polar length on nerve excitability is independent of the ascending or descending direction of the current, i. e., the direction of the current has no effect on the degree of excitability.

(4) The chronaxie of a frog's sciatic nerve becomes shorter as the inter-polar length increases.

(5) The phenomenon of polarisation in the nerve fibre, caused by electrical stimulation increases directly with the inter-polar length, because of the reversed direction of ionic diffusion.

(6) The influence of a magnetic field, brought to bear on the nerve fibre reduces its excitability.

内 容 目 次

第1章 結論及ビ主要文献

第2章 実験材料

第3章 実験方法及成績

A) 本実験

第1節 Ringer氏液中ニ於ケル測定竝ニ實驗成績

第1項 實驗装置及ビ方法

第2項 實驗成績

第2節 標本ヲ空氣中ニ露出シテ行ヘル實驗

第1項 實驗装置及ビ方法

第2項 實驗成績

第3節 電流通過區間ノ大小ト Chronaxie 値ノ變化

第1項 小序

第2項 實驗装置及ビ方法

第3項 實驗成績

B) 説明實驗

第1節 結論

第2節 神經模型 (Hermann) ニ於ケル電極間ノ距離ト分極電流トノ關係

第1項 實驗装置及ビ方法

第2項 實驗成績

第3節 神經纖維ニ於ケル電極間ノ距離ト分極電流トノ關係

第1項 實驗装置及ビ方法

第2項 實驗成績

第4節 電流通過區間ノ長短ト神經中ヲ流ルル電流強度トノ關係

第1項 實驗装置及ビ方法

第2項 實驗成績

第5節 神經纖維ヲ電磁場内ニ置キタル際ノ興奮性ノ變化

第1項 小序

第2項 實驗装置及ビ方法

第3項 實驗成績

第4章 總括的考按及ビ結論

第 1 章 緒論及ビ主要文獻

電流ヲ用ヒテ神經ヲ刺戟スルニ當リ、電流ガ神經内ヲ流通スル區域ノ長短ガ神經興奮ニ影響ヲ及ボスコトヲ實驗報告シタルモノニ、Praff, Humbolt, Ritter, Matteucci¹⁾等アリ。其ノ後 Hermann ハ神經纖維ノ電氣的抵抗ハ甚ダ大ナルモノナル事ヲ實證シ、Du Bois Reymond¹⁾ハ刺戟電極間ノ距離ヲ増大スレバ從テ電氣抵抗ノ増加ヲ來シ電流強度ハ次第ニ弱メラルルニ拘ラズ、尙ホ良ク夫レガ刺戟效果トシテヨリ有效ナルハ後者ノ増強率ガ前者ノ減弱率ヲ補ヒテ尙ホ餘リアル爲ナラントノ見解ヲ以テ、刺戟電路内ニ大ナル抵抗ヲ挿入シ抵抗ノ變化ニ依ル通過電流強度ノ變化ヲ可及的小ナラシメ、直流刺戟ニ依リ、神經興奮ノ大小ヲ定メル識標トシテハ動作流ノ陰性變動 (negative Variation) ヲ以テセリ。其ノ成績ニ於テモ前同様ノ結果ヲ得タリ。

唯餘リニ近心部迄電極ヲ移動セシメタルトキハ、神經ノ死滅ニヨリテ却ツテ興奮性ノ低下セルカノ如キ結果ヲ得ル事アリト云ヘリ。

Willy¹⁰⁾ (1872) ハ直流閉塞刺戟ヲ用ヒタル場合、下向流ニ對シテハ上述ト同様ナル結果ニ到達セルモ、上向流ニ對シテハ却ツテ刺戟電極間ノ距離ヲ増加スルニ從ヒ興奮性ハ低下スルト發表セリ。而シテ開放刺戟ノ際ハ一定ノ規則的關係ヲ認ムル事能ハズ成績ハ區々ナリト。彼ハ其ノ結果ヲ要約シテ、筋ニ陰極ガ近キ程陽極ガ遠キ程刺戟效果ガヨリ大ナリト結論セリ。

次イデ Marcuse ハ刺戟電極間ノ距離ガ 2—4mm, Tschirjew¹⁴⁾ (1877) ハ 6—10mm 迄ハ電極間ノ距離ノ増大ガ神經纖維ノ興奮性ヲ昂ムル效果アルモ、夫レヨリ大ナル距離ニ於テハ神經纖維ノ抵抗増加率ノ方ガ大ナル爲興奮性ハ増強セズト云ヘリ。

Budge¹⁶⁾ ハ蛙ノ筋神經標本ニ就キ、其ノ坐骨神經ハ脊髓ヲ出ヅル直後ノ部ニ於テ最モ大ナル興奮性ヲ有シ、其ノ部ヨリ末梢ニ至ルニ從ヒ興奮性ヲ減ズト云ヒ、Pflüger モ亦大體ニ於テ此成績ヲ確認シ神經興奮ガ神經内ヲ傳導スルニ當テハ雪崩狀漸旺 (Lavinienartiges Anschwellen) ヲナスモノナリトノ說ヲナスニ至レリ、然レドモ Heidenhain⁴¹⁾ ハ之ヲ追試シテ坐骨神經ノ中樞端端ガ大ナル興奮性ヲ有スルハ神經ガ其ノ斷端ニ近キ部ニ於テ興奮性ヲ亢進セルニ過ギズトセリ。又 Gotch ハ巧妙ナル實驗方法ニ依リ 20mm 迄ハ興奮性ヲ増強セシメ得ルト云ヘリ。一方 May¹⁵⁾ (1899) ハ蛙ノ縫匠筋ニ就キテ實驗シ電極間ノ距離ノ變化ハ何等筋興奮性ニ影響ヲ及ボサズ電極間ノ距離ヲ増大スレバ興奮性ハ低下シ却テ強力ナル電流ヲ用ヒザレバ興奮ヲ起サズト云フ。

Tschirjew¹⁴⁾ モ亦電氣ニヨル神經興奮ハ刺戟サルル神經ノ長サノ函數ナルコトヲ認メ、Cardot^{12) 13)} ハ同一強度ノ電流ガ神經ヲ流ルル時其ノ長サノ長キ程 Rheobase ハ低ク Chronaie ハ之ニ反シテ増加スルコトヲ認メ、Rushton¹¹⁾ ハ Nernst ノ電氣ノ「イオン」濃度說ヨリ出發シテ神經ノ刺戟サルル長サト刺戟強度トノ關係ヲ理論的竝ニ實驗的ニ取扱ヒテ Cardot ト同一ナ

ル成績ヲ擧ゲタリ。

吾人ハ上述ノ事實ノ何レガ眞ナリヤ、又カカル事實ノ依ツテ來ル原因ハ何邊ニ存スルヤヲ究明シ、合セテ今日迄諸家ノ此點ニ關スル理論的説明ノ未ダ充分吾人ヲ納得セシムルニ足ルモノナキヲ遺憾トシ其ノ理論的解釋ヲ實驗的ニ證明セントノ意圖ノ下ニ次ノ如キ實驗ヲ行ヘリ。

第 2 章 實 驗 材 料

實驗動物ハ主ニ冬眠中ノ *R. esculenta* ヲ使用シ、スルヲ待チテ實驗ニ供セリ。標本ノ製作ニ當リ神經坐骨神經腓腸筋標本ヲ型ノ如ク作り、術後少クトモ分岐ハ其ノ分枝ノ成可ク末梢部ニテ切斷シ、横斷面ヨリノ損傷電流ノ影響ヲ少クスル事ニ務メタリ。

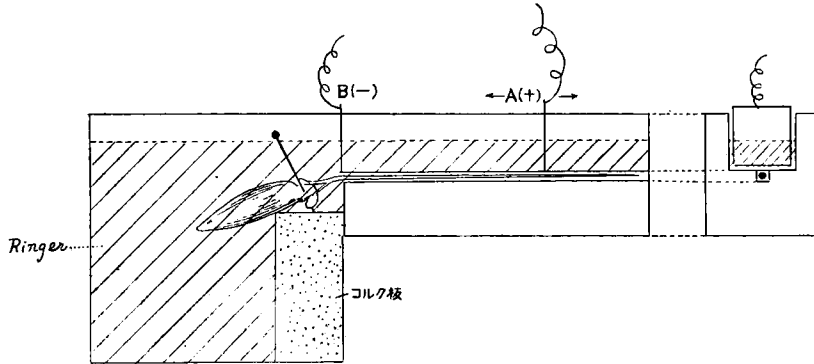
第 3 章 實 驗 方 法 竝ニ 成 績

A] 本 實 驗

第 1 節 Ringer 氏液中ニ於ケル測定竝ニ實驗成績

第 1 項 實驗裝置及ビ方法

第 1 圖



第 1 圖ノ如キ筋神經筋箱ヲ作り圖ノ如ク標本ヲ裝置シ A 極 (+) ヲ移動シ B 極 (-) ハ固定セシメ、別ニ附シタル目度ニ依リ兩極間ノ距離ヲ讀ミトル如クセリ。

刺戟裝置ハ 2—4 Volt ノ蓄電池ヨリ Du Bois Raymond ノ感應「コイル」ノ一次回線ニ導キタル電流ヲ水銀電鍵ニテ開閉シ、其ノ際起ル二次回線ノ感應電流ヲ刺戟導子ニ導キタリ。而シテ二次回線中ニハ副道 (Nebenschluss) ヲ作り單一感應開放電流刺戟ノミヲ用ヒタリ。又同一蓄電池ヨリ Potentiometer

ヲ介シテ刺戟導子ニ導キタル直流閉塞刺戟ヲモ用ヒタリ。

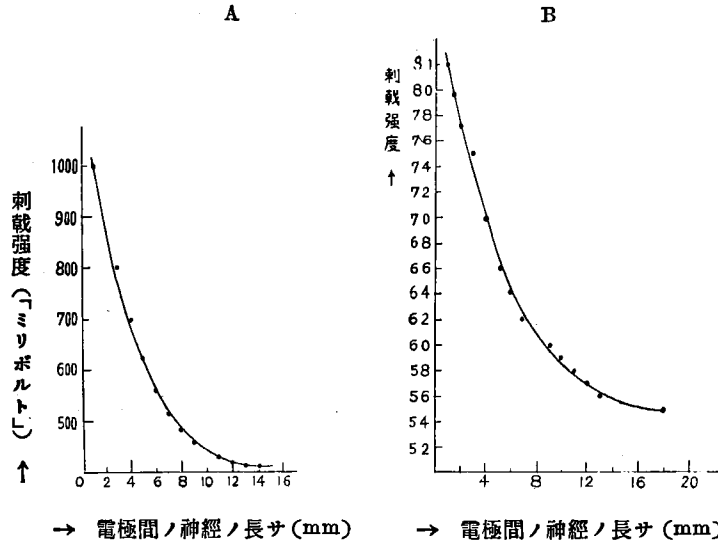
刺戟電導子ハ Ag-Cl-Ag 型ノ不分極導子ヲ用ヒタリ。

神經興奮ノ識標トシテハ腓腸筋ガ最小收縮ヲ起スニ要スル電流強度 (卷軸距離又ハ Volt) ヲ以テ興奮ノ大小ヲ規定セリ。

刺戟輪道中ニハ 400—500「オーム」ノ抵抗ヲ挿入シ電極間ノ距離ノ變化ニ依ル抵抗ノ變化ニヨル電流強度ノ變化ヲ少クセン事ニ務メタリ。

第 2 項 實 験 成 績

第 2 圖 (第 1 表成績ヨリ)



備考: A ハ直流刺激強度(最小刺激閾)ヲ「ポテンシヲメター」ニ表レタル「ミリボルト」ニテ表ス。
 B ハ感應電流刺激強度(最小刺激閾)ヲ Eichungskurve ヨリ求メタル絶対強度ヲ表ス。

第 1 表

電極間距離	感 應 電 流		直 流 電 流	
	下 向 流	上 向 流	下 向 流	上 向 流
1mm	109mm	124mm	0.998 Volt	0.408 Volt
2 ♪	115 ♪	127 ♪	0.883 ♪	0.375 ♪
3 ♪	119 ♪	129 ♪	0.796 ♪	0.333 ♪
4 ♪	122 ♪	132 ♪	0.698 ♪	0.306 ♪
5 ♪	125 ♪	135 ♪	0.619 ♪	0.281 ♪
6 ♪	127 ♪	137 ♪	0.556 ♪	0.245 ♪
7 ♪	130 ♪	139 ♪	0.518 ♪	0.225 ♪
8 ♪	132 ♪	140 ♪	0.474 ♪	0.215 ♪
9 ♪	133 ♪	142 ♪	0.457 ♪	0.203 ♪
10 ♪	134 ♪	144 ♪	0.443 ♪	0.195 ♪
11 ♪	135 ♪	145 ♪	0.428 ♪	0.190 ♪
12 ♪	136 ♪	147 ♪	0.421 ♪	0.187 ♪
13 ♪	137 ♪	149 ♪	0.413 ♪	0.182 ♪
14 ♪	♪ ♪	151 ♪	0.415 ♪	0.178 ♪
15 ♪	138 ♪	152 ♪	0.413 ♪	0.176 ♪
16 ♪	♪ ♪	153 ♪	♪ ♪	♪ ♪
17 ♪	137 ♪	154 ♪	♪ ♪	♪ ♪
18 ♪	♪ ♪	155 ♪	♪ ♪	♪ ♪
19 ♪	♪ ♪	156 ♪	♪ ♪	♪ ♪
20 ♪	138 ♪	♪ ♪	♪ ♪	0.172 ♪
25 ♪	136 ♪	166 ♪	♪ ♪	♪ ♪
30 ♪	♪ ♪	160 ♪	♪ ♪	♪ ♪

上表＝見ル如ク電流通過區間ヲ増大スルニ從ヒ興奮性ハ始メ急激ニ後徐々ニ上昇ヲ示シ、約 20mm 以後ハ著明ナル昂進ヲ示サズ、30mm 以上トナレバ興奮性ハ却テ減退セルヤノ趣アリ。併シ乍ラ 30mm 以上トナレバ神經切斷部ニ近ク電極ガ位シ又神經分枝部等ヨリノ損傷電流ガ之ニ關與スル爲メニ非ルヤ、又上記ノ實驗方法ニ於テハ神經刺戟部ノ長サノ變化ハ刺戟電流ノ強度ヲ變ズル虞アルヲ以テ次ノ改良ヲ施セリ。

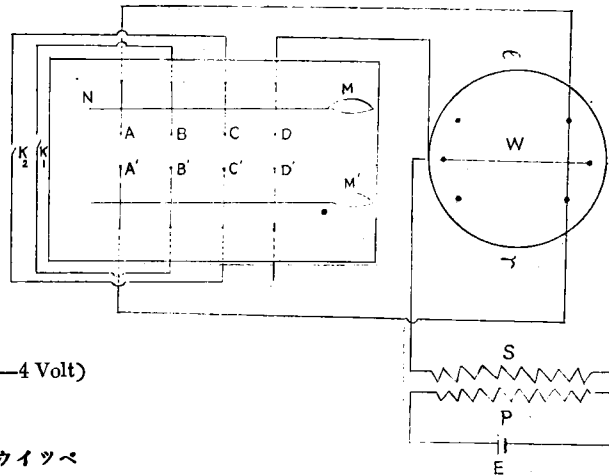
第 2 節 標本ヲ空氣中ニ露出シテ行ヘル實驗

第 1 項 實驗裝置及ビ方法

刺戟裝置ハ Du Bois-Reymond ノ感應「コイル」ヲ主ニ用ヒ、少數例ニ於テハ直流開放又ハ閉塞刺戟ニヨリ筋最小收縮ヲ興奮ノ目標トシテ總距離又ハ鐵心ヲ除去セル感應「コイル」ノ一次回線中ニ挿入セル抵抗ノ目度ニテ刺戟ノ大小ヲ定メタリ。

神經纖維ノ電氣的抵抗ハ甚大ナルモノニシテ、從テ電極間ノ距離ノ長短ニ依リ抵抗ノ變化ニ依ル電流強度ノ變化モ亦大ナリ。依テ吾人ハ抵抗ヲ可及的ニ一定ナラシムル爲メニ次ノ如キ裝置ヲ考按セリ（第 3 圖）。

第 3 圖



- E 蓄電池 (2—4 Volt)
- P 一次回線
- S 二次回線
- W ボール氏ウイツペ
- NM, N'M'. 坐骨神經腓腸筋標本
- A, B, C, D, A', B', C', D'. エレクトロデー
- K₁, K₂ 電鍵

即チ第 3 圖ニ於テ A, B, C, A', B', C', ハ夫々「クロール」鍍金ヲナセル銀「エレクトロデー」ニシテ相互間ノ距離ハ夫々 1.0 cm, B, B' 及ビ C, C' ハ夫々電鍵 K₁, K₂ ニ依リ連絡或ハ遮斷ヲナシ得。NM 及ビ N' M' ハ夫々同一蛙ノ兩側ノ坐骨神經腓腸筋標本ニシテ豫メ兩側神經ノ興奮性ヲ測定シ大差ナキヲ確メタル後實驗ニ用ヒタリ。

「コルク」板ハ封臘ヲ塗り電極間ノ絶縁ヲ充分ナラシメタリ。

カクテ Wippe ヲ 1 側ニ轉ジ、A D 間ヲ電流ヲ通過セシメタル際ノ興奮性ヲ測定シ、次ニ Wippe ヲ r 側ニ轉ジ K₁ ヲ閉ヅレバ電流ハ A' B' K₁ B C D ト流レ MN ニ於テハ結局 B D 間ヲ電流ガ流通セル事トナルモ電流ニ對スル神經ノ抵抗ハ略ボ前實驗ニ於ケルト

等シ。即チ AB ノ間ハ A'B' ニテ補足セル故實際上 K₂ OD ヲ電流ハ流レ MN ニ於テハ OD 間ヲ電流ガ抵抗ノ變化ハナキモノト見做シ得。此配置ニテ最小流レタル事トナリ此際ノ最小刺激閾ヲ求め前3者ニ刺激閾ヲ求ム。同様ニシテ K₂ ヲ閉ヅレバ A' B' O' 就キテ比較セリ。

第 2 項 實 驗 成 績

第 2 表

神經ノ長サ 電流方向 實驗番號	3 cm		2 cm		1 cm	
	↓	↑	↓	↑	↓	↑
1	448 mm	544 mm	397 mm	295 mm	372 mm	282 mm
2	465 ♪	547 ♪	395 ♪	390 ♪	362 ♪	357 ♪
3	560 ♪	512 ♪	405 ♪	347 ♪	364 ♪	306 ♪
4	566 ♪	487 ♪	412 ♪	361 ♪	357 ♪	315 ♪
5	433 ♪	448 ♪	322 ♪	388 ♪	308 ♪	266 ♪
6	453 ♪	563 ♪	317 ♪	370 ♪	306 ♪	349 ♪
平 均	482 ♪	517 ♪	375 ♪	359 ♪	345 ♪	316 ♪

mm ハ刺激ニ用ヒタル感應「コイル」ノ二次回線ノ總距離ヲ示ス。

即チ上記成績ニ見ラルル如ク電流通過區間ヲ増大スレバ興奮性ハ常ニ昂進シ、恐ラク神經全長ニ於テ、或極限值ニ達スル如キ傾向ハ認メラズ。然レドモ理論的ニ神經ガ無限ニ長キモノト考フレバ、興奮性ノ上昇ハ對數的曲線ヲナシ遂ニ極限ニ達ス可キ事ハ考フルニ難カラズ(第2圖參照)。

空氣中ニ曝露セル爲標本ノ乾燥ヲ防グ爲ニ、硝子壘蓋ヲ以テ之ヲ被ヒ水蒸氣ヲ以テ飽和セシムル様ニ裝置セルモ標本ヲ常ニ一定濕度状態ニ置ク事ハ困難ニシテ屢々實驗成績上興奮性ノ時間的變化甚ダキ場合多ク從テ此處ニハ實驗前後ニ於テ對照ヲトリ餘リ興奮性ニ變化無カリシ場合ノ中ノ數例ヲ記シタリ。

又 3 cm ト 2 cm ノ間ノ興奮性ノ差異ガ 2 cm ト 1 cm ノ興奮性ノ差異ヨリ大ナルハ第1節實驗成績ヨリモ考ヘラレザル結果ニシテ、恐ラクハ神經纖維ノ縱横ノ電氣的抵抗ガ相違セル爲(縱對横ハ約 1:2)ニ BB' 間ニ於テ接續神經部ノ電氣的抵抗ガ幾分作用スル爲ナラント考ヘラル。

第 3 節 電流通過區間ノ大小ト Chronaxie 値ノ變化

第 1 項 小 序

筋神經ノ興奮性ノ大小ト Chronaxie 値トノ間ニハ一定不變ノ關係ガ存在シ、從テ Chronaxie 値ノ大小ヨリ各神經筋ノ興奮性ガ云々サレル現状ナリ。

ト Rheobase, Chronaxie ノ相關的關係ニ關シテハ M et L. Lapicque, Cardot, Langier¹³⁾, Vogel⁵⁾ 等ハ何レモ電極間ノ距離ヲ増大スレバ Chronaxie 値ハ增加ヲ來スト云ヒ當教室増田⁴⁾ 氏ノ Lillie 及ビ

Ebbecke ノ神經模型ニ就テ行ヘル實驗ニテハ電極間ノ距離ノ變化ハ何等 Chronaxie 値ニ影響ナシト云フ。成績ト Chronaxie 値ノ間ニモ一定ノ關係ガ存在スルナラントノ豫想ノ下ニ次ノ如キ實驗ヲ行ヘリ。
Chronaxie = 上述ノ意義ヲ認ムルトスレバ、余ノ

第 2 項 實驗裝置及ビ方法

實驗裝置ハ Lapicque 氏法ニ依ル Kondensatormethode ヲ用ヒ、刺戟電極ハ第 2 節實驗ニ用ヒタルト列ニ 8.0000Ω ヲ並列ニ挿入シタリ。而シテ刺戟強度ヲ Rheobase ノ 2 倍トナセル際ノ最小興奮ヲ起スニ同一ノモノヲ使用セリ。但シ Vorschaltwiderstand ガ要スル「マイクロフアラード」ニ 0.37 ヲ乘ジタルモノヲ Chronaxie (σ) 値トセリ。神經纖維ノ場合ハ餘リニ小ニ過グルヲ以テ「ラヂオ」ノ抵抗ヲ以テ之ニ代エ 16.0000Ω, 8.0000Ω ヲ神經ト直

第 3 項 實驗成績及ビ批判

第 3 表

神經ノ長サ 實驗番號	3 cm		2 cm		1 cm	
	Rheobase	Chronaxie	Rheobase	Chronaxie	Rheobase	Chronaxie
1	1.0 ボルト	0.6 σ	0.8 ボルト	0.76 σ	0.9 ボルト	0.89 σ
2	0.8 ♪	0.6 ♪	1.1 ♪	0.8 ♪	1.3 ♪	0.94 ♪
3	0.9 ♪	0.37 ♪	1.4 ♪	0.52 ♪	1.0 ♪	0.77 ♪
4	1.0 ♪	0.432 ♪	2.5 ♪	0.649 ♪	2.0 ♪	0.649 ♪
5	1.0 ♪	0.342 ♪	1.1 ♪	0.432 ♪	0.8 ♪	0.757 ♪
6	1.4 ♪	0.649 ♪	1.7 ♪	0.974 ♪	1.8 ♪	1.62 ♪
7	1.2 ♪	0.54 ♪	1.4 ♪	0.757 ♪	1.4 ♪	0.865 ♪
平均	1.07 ♪	0.505 ♪	1.43 ♪	0.699 ♪	1.31 ♪	0.97 ♪

$\sigma = 1/1.000$ 秒

神經纖維ニ於テ通過電流區間ヲ増大スルニ從ヒ Chronaxie 値ハ小トナリ 其ノ増強率ハ 2—3 cm ノ間ニ於テ最モ急激ナリ。併シ乍ラ Rheobase ニ於テハ一定ノ關係ヲ見出ス事ヲ得ズ。

然リ而シテ Masuda, Vogel 等ノ成績ト余ノ成績ガ相反スルハ一ハ被檢材料ノ相違ニ歸スベク、他ハ方法ノ相違ニ依ルト思惟サル。即チ彼等ハ電極其ノモノヲ移動セシメテ Chronaxie 値ヲ測定セルモ余ノ場合ハ電極間ノ距離ハ一定トナシ唯電流通過間ノミヲ變化セシメテ測定セルモノナレバナリ。然レドモ其ノ差異ノ依ツテ來ル原因ハ他日ニ待ツテ明カニセント欲ス。電極間ノ距離 1 cm 以内ナラバ其ノ際ノ Chronaxie ハ何等價值ナキモノナルヲ以テ 1 cm 以内ノ Chronaxie 値ハ測定セズ。

B) 說明實驗

第 1 節 緒 論

上記 3 實驗ニ依リテ常ニ電氣的抵抗ガ一定ナル如ク裝置セルトキ、神經纖維ノ興奮性ハ電流

通過區間ノ増大スルト共ニ昂進スル事實ハ上向流下向流ノ何レノ場合モ明白ナル事實ナリ。此處ニ於テ吾人ハ夫レノ依ツテ來ル條件如何ニ就キテ檢討セントシ次ノ如キ考察ヲ下サントス。即チ電流通過區間ガ1.0 cm 以下ノ場合ニ於テハ Cat- 及ビ Anelectrotonus 相互間ノ干涉作用ニ依リ説明シ得ル事ハ敢テ困難ナラザル可シ。即チ電極相互間ノ距離ガ近ケレバ Catelectrotonus ノ領分迄 Anelectrotonus ガ作用シ爲ニ Catelectrotonus 單獨ニテハ興奮ヲ起スニ足ル狀態ニ達セルニ拘ラズ、之ニ Anelectrotonus ノ抑制作用ガ加ハル爲ニ興奮ヲ起スニ至ラズ、從テヨリ強キ電流刺激強度ニ非ザレバ興奮ヲ起サズ、之ガ電極間ノ距離ガ次第ニ遠ザカルニ從ヒ相互ノ干涉作用ハ少クナリ次ニ消失シ爲ニ一見興奮性ハ昂進セルカノ如キ觀ヲ呈スルニ依ルナラン。

併シ乍ラ、最小刺激閾程度ノ電流強度ノ場合夫レガヨク 1.0 cm 以上ノ距離迄モ陰陽兩極ノ Electrotonus ノ干涉ヲ起シ得ルトハ考ヘラズ、他ノ説明的方便ヲ以テセザル可ラズ。

總テ生體ノ如キ電解物質中ヲ電流ガ流ルル際ニハ必ズ分極現象ヲ伴フモノニシテ其ノ分極現象ハ電流作用ニ依リ「イオン」ノ移動ヲ來シ爲ニ陰陽兩極附近ニ起レル「イオン」濃度ノ差異ニ起因スルモノガ其ノ最大原因ト看做サル(濃度分極)。

Van't Hoff ノ溶液内物質分子運動ノ理論ハ幾分改變シテ以テ電解質溶液中ノ「イオン」ノ運動ニモ適用サレルガ故ニ、今電流通過ニ依ツテ惹起サレタル生體內ノ「イオン」濃度ノ相違ハ常ニ斷エズ又逆擴散作用ニ依リ復舊セントスル傾向ヲ有ス。其ノ逆擴散作用ナル復舊現象ハ

- 1) 濃度差異アル兩液間ノ距離ガ近キ程即チ Konzentrationsgefälle ノ大ナル程
- 2) 兩液間ノ濃度ノ差異ガ大ナル程大ナル可シ。

故ニ同一電流ヲ同一時間丈ケ電解質ニ通ズル際兩極間ノ距離小ナル時程「イオン」ノ擴散ニ依ル後戻リ大ナリ。從テ此時ノ極附近ノ「イオン」濃度ハ小トナリコレヲ一定値ニ達セシムルガ爲ニハヨク強力ナル電流ヲ通ゼザル可ラズ。是レ神經ノ如キ興奮體ニ於テ電流通過區間ガ長クナル程興奮性ノ昂進スル原因ナラントノ豫想ヲ抱キ實驗的ニ實證セント企テタリ。

第 2 節 神經模型(Hermann)ニ於ケル電極間ノ距離ト分極電流トノ關係

第 1 項 實驗裝置及ビ方法

神經ノ如キ生體ニ就キテ實驗ヲ行フニ先ダテ Hermann 氏型ノ神經模型ニ就キテ實驗セリ。

即チ數多ノ側管ヲ有スル硝子圓筒中ニ 0.7—0.9 % 食鹽溶液又ハ Ringer 氏液 (0.6%) ヲ滿シ導線トシテハ白金線ノ代リニ良ク磨キタル鐵線ヲ以テセリ。蓋シ白金線ヨリモ鐵線ノ方分極ヲ起シ易キ故ナリ。

主電流ハ 2—4 Volt ノ蓄電池ヨリ Milliammeter ヲ通シ抵抗ヲ介シテ Pohlische Wippe ニ導キコレヨリ硝子側管ヨリ挿入セル Ag-AgCl 不分極導子ニ電流ヲ導キ一定時間電流ヲ通ジタル後 Pohlische Wippe ヲ切りカヘ其ノ瞬間電流計輪道ヲ閉塞スルトキハ分極電流ヲ電流計ノ「フレ」ニテ讀取リ得。

電流計ハ D' Arsonval 電流計ヲ使用シ、カクテ電極間ノ距離ガ 2 cm 9 cm 18 cm ノトキノ分極電流強度及ビ其ノ持續時間ヲ測定セリ。

第 2 項 實驗成績

第 4 表

實驗番號	2 cm		9 cm		18 cm	
	「フレ」	持續時間	「フレ」	持續時間	「フレ」	持續時間
1	18	10 ♯	24	14.4 ♯	30	20 ♯
2	22	9 ♯	26	20 ♯	34	20 ♯
3	21	8.2 ♯	26	15.8 ♯	34	28.8 ♯
4	22	9 ♯	26	20.2 ♯	30	29.0 ♯
5	21	14 ♯	24	19.5 ♯	31	33.8 ♯
6	21	9.8 ♯	26	26.5 ♯	33	38.9 ♯
7	20	11.3 ♯	32	28.8 ♯	32	32.8 ♯
8	22	9.2 ♯	32	26.2 ♯	33	37.5 ♯
9	24	18.0 ♯	28	26.5 ♯	32	33.7 ♯
10	21	12 ♯	28	24.5 ♯	32	34.3 ♯

持續時間ハ「フレ」ガ極大ヲ示シテヨリ零點ニ指針ガ歸ル迄ノ時間ヲ表ス。

上表ヨリ同一強度ノ電流ヲ通ジタル場合ニ起ル濃度分極電流ハ、電極間ノ距離小ナル程弱クシテ且其ノ持續時間ハ短シ。即チ擴散ニヨル後戻リ作用ハ電極間ノ距離小ナル程強ク濃度落差ノ甚ダシキ程速シ經過スルト云フヲ得可シ。

第 3 節 神經纖維ニ於ケル電極間ノ距離ト分極電流トノ關係

第 1 項 實驗裝置及ビ方法

前實驗ト同一事實ガ神經纖維ニモ存在スルヤ否ヤヲ檢査セントシ前實驗ト同一裝置及ビ方法ニ依リ神經纖維ニ就キテ電極間ノ距離 1 cm 2 cm ノトキノ分極電流ヲ計レル成績ハ次ノ如シ。而シテ此際神經ノ電氣的抵抗ハ甚ダ大ナルヲ以テ電極間ノ距離ヲ 2cm

トセルトキハ 1 cm ノトキノ 2 倍ノ抵抗ナリト見做シテ同一電流強度ヲ得ル爲ニハ Volt ヲ 2 倍ニセザル可ラズト思惟シテ實驗セリ。此考ヘ方ノ妥當ナル事ハ次ノ實驗ニヨク立證サル。

第 2 項 實 驗 成 績

第 5 表

神經ノ長サ	1.0 cm		2.0 cm	
	0.5 「ボルト」		1.0 「ボルト」	
「フレ」	「フ レ」	「ボルト」 (換算値)	「フ レ」	「ボルト」 (換算値)
實驗例				
1	12.0 cm	0.28 「ボルト」	12.5 cm	0.47 「ボルト」
2	12.4 ♪	0.29 ♪	13.6 ♪	0.50 ♪
3	12.4 ♪	0.29 ♪	14.0 ♪	0.52 ♪
4	11.2 ♪	0.23 ♪	14.0 ♪	0.52 ♪
5	11.8 ♪	0.27 ♪	13.1 ♪	0.49 ♪
6	11.4 ♪	0.24 ♪	12.5 ♪	0.47 ♪
7	11.2 ♪	0.23 ♪	13.7 ♪	0.51 ♪
8	11.4 ♪	0.24 ♪	13.3 ♪	0.49 ♪
9	11.5 ♪	0.24 ♪	13.6 ♪	0.50 ♪
10	11.9 ♪	0.28 ♪	12.8 ♪	0.48 ♪

第 4 節 電流通過區間ノ長短ト神經中ヲ流ルル
電流強度トノ關係

余ハ前實驗ニ於テ神經纖維ノ電氣抵抗ハ甚ダ大ナルヲ以テ刺戟電極間ノ距離ヲ 2 倍トセバ電路内ノ電氣的抵抗ハ實際上 2 倍トナリ、從テ同一強度ノ電流ヲ得ル爲ニハ「ボルト」ヲ 2 倍トセザル可ラストノ豫想ノ下ニ實驗セリ。此處ニ其ノ事實ヲ實驗的ニ檢證セントス。

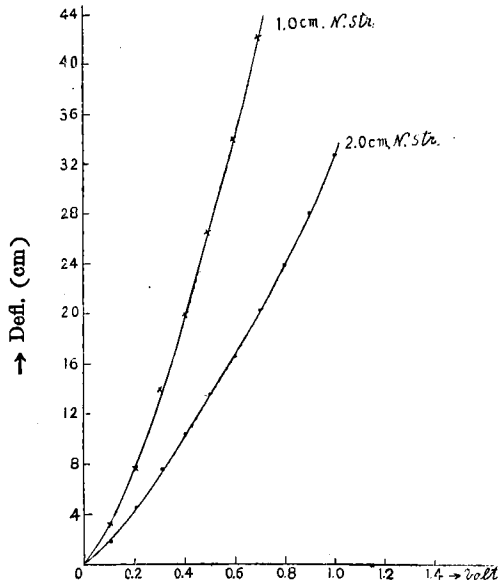
第 1 項 實驗方法及ビ裝置

「コルク」板上ニ互ニ 1 cm ノ間隔ヲヘダテテ 3 ヲノ蓄電池ヨリ Potentiometer, 坐骨神經 D' Arsonval
「クロール」鍍金セル銀不分極導子ヲ固定シ、相互電流計ヲ直列ニ連ネ、Potentiometer ニヨリテ電壓ヲ
間ハ封蠟ヲ塗り絶縁ヲ充分ナラシム。之ヲ刺戟電極種々増減シ、其ノ際ノ電流計ノ「フレ」ガ電極間ノ距
トシ電極間ノ距離ハ Pohlische Wippe ヲ切リカヘル離ガ 1 cm ト 2 cm ノトキ如何ナル關係ニアルカ、即
事ニ依リ或ハ 1 cm 或ハ 2 cm トシ其ノ場合 2—4 Volt チ電壓對電流強度ノ關係ヲ求メタリ

第 2 項 實 驗 成 績

神經纖維ハ部位ニ依リ太サ一定セズ從ツテ電氣的抵抗モ變化スルモノナレドモ下圖ノ如ク大體ニ於テ同一電壓ニ於テハ電極間ノ距離ヲ 2 倍トセバ電氣抵抗ハ 2 倍トナリ從テ通過電流強度

第 4 圖



ハズトナル從テコノトキ同一強度ノ電流ヲ得ン爲ニハ2倍ノ電壓ヲ要スル事トナル。元來上圖曲線ハ直線トナル可キ性質ノモノト思惟サレルニ拘ラズ曲線トナリテ表ハルルハ、電流計ノ鏡ノ回轉能率ガ自己ノ有スル慣性ニ支配サルル事及ビ電壓ノ強弱ニ依リ分極電流ガ變化スル爲等ニ依ルト考ヘラル。電壓ノ低キ場合ノ電流計ノ「フレ」ニ於テ1cmト2cmノ場合ニ可成リノ誤差ヲ示セルハカカル理由ニ依ルモノナルベシ。

此表ヨリ前節實驗ノ電流計ノ「フレ」ニテ計リタル分極電流ヲ電壓(「ヴォルト」)ニ換算シテ上記第5表ニ挿入シタリ。

第 5 節 神經纖維ヲ電磁場内ニ置キタル際ノ興奮性ノ變化

第 1 項 小 序

神經纖維ノ興奮ノ生起ハ1ツノDepolarisationナリ。電解質溶液中ヲ電流ガ良ク通過シ得ルハ其ノ中ニ電離セル「イオン」ガ移動シテ電流ヲ運ブ事ニ依ル。神經纖維ノ興奮ハ神經纖維内ノ電解質ノ「イオン」ガ電流通過ニ依リ極附近ニ集積シ一定濃度ニ達シタルトキ起ルトスレバ、「イオン」ハ電流ニ依リ夫々反對ノ符號ノ極ニ向ツテ運バレルガ故ニ其ノ移動運動ヲ何等カノ方法ニ依リ抑制スレバ從テ神經ノ興奮性ハ低下ヲ來ス可シ。

物理學ニ於テ電磁感應ヲ起シ得ル物質ガ電磁場内ヲ運動スレバ Arago ノ齒車ノ實驗ニ於ケルガ如ク運

動物體ニ電磁感應ヲ惹起シ夫レハ Lenz ノ法則ニ依リ其ノ運動ヲ阻止セントスル方向ニ働ク是レ即チ Foucault ノ電流ナリ。之ガ爲ニ感應物體ノ運動例ハバ振り運動ハ速ニ停止ス。

「イオン」ハ1ツノ帶電體ニシテ、從テ電磁感應ヲ起シ得ルヲ以テ、神經纖維ヲ電磁場内ニ置キ之ヲ電氣的ニ刺戟セシ場合ノ神經物質内ノ「イオン」移動ニモ Foucault ノ電流ガ起リ得テ、之ハ「イオン」ノ移動方向トハ反方向ニ働クヲ以テ從テ一定時間内ニ行ハルル「イオン」集積ヲ運カラシメ神經ノ興奮性ノ低下トナリテ現レ來ル可キ筈ナリ。

第 2 項 實驗裝置竝ニ方法

100 Volt ノ蓄電池ヨリ線抵抗器及ビ Ammeter ヲ通シテ電磁石ニ電流ヲ導ク。電磁石ハ「ザイテンガルヴァノメーテル」附屬ノモノヲ用ヒ線抵抗器ニテ電流強度ヲ加減シテ自由ニ電磁場ノ強サヲ變ゼシム

ル様ニス。而シテ其ノ時ノ磁場ノ強サハ電路内ニ入レタル Ammeter ニヨリ電流強度ヲ以テ讀ミトル。蛙ノ坐骨神經腓腸筋標本ヲ坐骨神經ノ部ノミ電磁石ノ間隙ニ這入ル如ク上ヨリ懸ケ筋ノ部ハ磁場トナセ

ル際モ其ノ影響ヲ蒙ラズ唯神經ノミニ作用サス如ク
 裝備セリ。刺戟電極ハ陰陽兩極間ノ距離 2 cm トシ
 Ag-AgCl 型ノ不分極導子ヲ用フ、刺戟電流ハ 2—4
 Volt 蓄電池ヨリ Du Bois Reymond ノ感應「コイル」
 ニ導キタルモノノ二次回線ヲ刺戟電極ニ連結シ感應

開放單一刺戟ヲ用ヒタリ。

興奮ノ大小ハ腓腸筋ガ最小收縮ヲ起スニ要スル電
 流強度ヲ縱距離ニテ讀取ル。而シテ電磁石ヲ電源ニ
 接グ電鍵ヲ閉閉シテ磁場トナセル際ト然ラザル際ト
 ノ興奮性ノ變化ヲ比較セリ。

第 3 項 實驗成績

線抵抗ニ依リ電流強度從テ電磁場ノ強度ヲ 0.3 amp. 0.7 amp トナセルトキ順次興奮性ノ減弱
 ヲ來セルモノノミテ「興奮性減」ニ取り、反對ノ場合ヲ「興奮性増」ニ取り、電磁場トナサザ
 ル際ヨリ電磁場内ニ置キタル場合ノ方興奮性ハ低下ヲ來スト雖モ 0.3 amp. 0.7 amp ト順次電磁
 場ヲ強化スルモ順次興奮性ノ低下ヲ來サザルモノハ總テ不變ノ項ニ入レタリ。又一實驗ノ後ニ
 ハ必ズ「コントロール」トシテ電磁場ニ非ザル場合ノ興奮性ヲ測定シ前ノモノト比較シ甚ダシキ
 差異アルモノハ成績例ヨリ除外セリ。

實驗例ハ全部ニテ 42 例ニシテ其ノ結果ハ次ノ如シ。

實驗例	興奮性	減	増	不 變
42 例		17	4	21

即チ神經ヲ電磁場内ニ置クトキハ神經纖維内ノ「イオン」移動運動ハ制約ヲ被リ、爲ニ神經纖
 維内ノ極附近ノ部ニ於テ「イオン」濃度ガアル一定値ニ到達スルニ長時間ヲ要ス。從テ一定時間
 ニテ閾値ニ達シタルモノハ電磁場内ニテハ同時間ニテ閾値ニ達スルコト能ハズ神經ノ興奮性ハ
 低下シタル觀ヲ呈ス。

第 4 章 總括的考按及ビ結論

興奮ノ本態ニ關シテハ今日未ダ定説ナキモ總テ生體ヲ電氣的ニ刺戟スルトキハ分極現象ガ主
 要ナル役割ヲナス事ハ一般ノ認ムル所ニシテ興奮ノ生起ハ興奮物質内ニ於ケル「イオン」濃度ノ
 變化ニアリト云フコトヲ得可シ。

Hermann⁹⁾, Ebbecke^{6) 18)} 及ビ Gildemeister¹⁹⁾ 等ノ Electrotonus ト Polarisation トノ間
 ノ關係ヲ檢セル種々ナル實驗ニ於テモ兩者間ニハ密接ナル關係が存在スル事ハ明カナル事實ナ
 リトス。而シテ第一次的ノ電流作用ノ結果トシテ起ル續發諸現象ハ多種多様ナルモ興奮ヲ惹起
 ス最大ノ因子ハ境界面又ハ半竅透膜(假設的)ノ部ニ起ル「イオン」濃度ノ變化ニシテ甲極ニ於
 テヨリ濃ク乙極ニ於テハヨリ淡クナルト、Nernst^{22) 23)} ノ説又ハ Ostwald ノ“ Ionensieb ”ノ
 考ヘニ於ケルガ如ク「イオン」自己ノ符號ト反符號ノ極ニ向ツテ集積スルコトニ由來ス。

斯ノ如ク分極現象ガ Reizfaktor トシテ決定的意義ヲ附與サルルニ至リタルハ Nernst ノ正當

ニ指摘セルガ如ク全ク近來物理化學進歩ノ當然ノ歸結ナリ。氏ハ曰ク

Nach unseren gegenwärtigen electrochemischen Anschauungen kann der galvanische Strom im organisierten Gewebe, also einem Leiter rein electrolytischer Natur, keine anderen Wirkungen als Ionenverschiebungen, d. h. Konzentrationsänderungen, verursachen; wir schliessen also, das letztere die Ursache des physiologischen Effektes sein müssen.

筋神經等一般ニ興奮體ヲ電氣的ニ刺戟セル際生體內ニ膜質ノ存在ヲ假定スレバ、興奮ノ生起ハ電極附近ニ於ケル膜質ノ部分ノ「イオン」ガ一定濃度ニ達シタルトキ始メテ表現スルトノ Nernst ノ Membranhypothese ヲ根據トシテ考フルトキ、神經纖維ニ於テ電流通過區間ヲ増大スルニ伴ヒ、其ノ興奮性ガ始メ速ニ後徐々ニ増強スルハ電極附近ニ於ケル「イオン」濃度ノ變化ガ兩極間ノ距離ガ近ケレバ近キ程逆擴散ニ依リ平均セントシテ一定値ニ到達スルコト困難ニシテ若シ之ヲ一定ニ保タシムルニハ其ノ逆擴散力ニ打勝ツダケ強力ノ電流ヲ要ス。之ガ兩極間ノ距離ガ大ナルニ從ヒ逆擴散力ハ微弱トナリ爲ニ逆散力ニ打勝ツ仕事ハ漸次減少シテヨリ弱電流ニテ「イオン」ノ一定濃度ノ變化ヲ將來シ得ル事ニ依リ説明サル。此事實ハ Hermann 氏神經模型及ビ神經纖維ニ就キテ通過電流強度ヲ不變ナラシムル如ク裝備セルトキ電極間ノ距離ガ小ナル場合ト大ナル場合トヲ比較セシニ夫レニ依ツテ起ル分極電流強度ハ電極間ノ距離ガ小ナル程弱ク距離大ナル程大ナリ。即チ此事實ハ電極間ノ距離ノ大ナル程極附近ノ「イオン」濃度ハ大ナル證左ニ外ナラズ。

又理論的方面ヨリ Ostwald, Nernst, Van't Hoff 等ハ溶液内ニ於ケル溶質分子ノ運動ハ氣體ニ於ケル分子運動ト全ク同様ニシテ斷エズ凡ユル方向ニ向ツテ運動シ衝突シ濃度又ハ密度ノ差アレバ之ヲ平均セントスル方向ニカガ働ク事ヲ説明シ、又コノ理論ハ事實ト良ク一致ス（逆擴散力）。而シテ A. Fick ハ之ヲ種々ナル濃度種々ナル種類ノ溶液ニ就キテ實驗測定ヲナシテ有名ナル擴散式ヲ求メ得タリ。此式ニ依リテ見ルニ逆擴散力ハ濃度又ハ密度ノ差ニ比例シ又濃度又ハ密度ニ一定ノ差アル場合ニハ兩液相ノ相互間ノ距離ニ逆比例ス。電解物質ノ溶液内「イオン」ニ於テモ上記理論ハ妥當ナルモノナル故ニ、電流通過區間ノ大小ト神經興奮性ノ變化ニ對スル上述ノ余ノ解釋ハ其ノ全部ニハ非ザルモ。1ツノ説明方法トシテ矛盾ナキモノト思惟ス。

磁場内ニ其ノ力線ヲ横切リテ導線ヲ横へ其ノ内へ電流ヲ通ズルトキハ Lenz ノ法則ニヨリテ導線ハ一定方向ニ動カサル、若シ此際其ノ運動ヲ阻止スルカ作用スル場合ニハ電流ニ對シテ 1ノ抵抗ヲナスベシ。同様ニ今電離性溶液ノ流ルル管ヲ急ニ磁場内ニ持來シ其ノ力線ヲ横切ル様ニ保持スレバ電氣ヲ運ブ「イオン」ハ其ノ運動ヲ阻メラルベシ。

此考ヘニ基キ磁場内ノ力線ヲ横切ル様ニ裝置シ最小興奮ヲ起スニ要スル刺戟電流強度ヲ識標トシテ實驗シ磁場内ニ神經纖維ヲ置クトキハ興奮性ハ低下ヲ來ス事ヲ確メ得タリ。故ニ之ヨリ

神經纖維内ノ電離「イオン」ガ電流ニ依リ一定濃度ニ達シタルトキ興奮ガ生起シ磁場内ハコノ「イオン」移動ニ或種ノ制約ヲ及ボシ爲ニ興奮性ハ低下ヲ來スモノナリト考察サル。

神經ノ Chronaxie 値ノ測定ニ關シテモ、神經纖維中ヲ流ルル電流通過區間ヲ増大スルニ隨ヒ Chronaxie ハ小トナリ興奮性ハ昂進セル事ヲ示ス。唯多數諸家ノ此點ニ關スル成績ハ大部分余ノ成績ト相反スル結果ヲ示セルモ、彼等ノ場合ニ於テハ直接電極間ノ距離ヲ變ジ其ノ際ノ抵抗ノ變化ヲ除外シ得ザリシニ反シ、余ノ實驗ハ抵抗ノ變化ハ常ニ起サザル如クシ唯神經纖維ノ電流通過區間ノミヲ變ヘタル爲ニ非ザルヤト思惟サルルモ、此點ニ關シテハ猶ホ其ノ相違ノ眞因ハ後日ヲ待ツテ明カニセントス。

然リ而シテ電流通過區間ガ増大スルト共ニ神經ノ興奮性ハ漸次昂進ヲ來スモ、Tschirjew 等ノ云ヘル如ク一定ノ極限值ニ達シ夫レ以上ノ增強ハ示サズトノ事實ハ余ハ Tschirjew 等ヨリモ遙ニ長キ神經區間ニ就キテ檢シタルモ認ムル事ヲ得ザリキ。依之觀之ニ彼ノ實驗方法ハ不適當ニシテ神經局所ノ興奮性ノ變化ヲ考慮ニ入レズ神經全長ニ互リ同一ノ興奮性ヲ有スルト考ヘタルモ其ノ後神經ノ興奮性ハ局所ニ依リ異リ決シテ坐骨神經全長ニ互リ同一ノ興奮性ヲ有スルニ非ザル事ハ多數證明サレタリ。

又 Willy ノ云フ如ク上向流ト下向流トノ相反スル結果モ認ムル事ヲ得ズ。而モ吾人ノ實驗成績理論的方面何レヨリモカカル事アリトハ考ヘラズ畢竟彼ノ時代ニハ Elektrotonus ノ說全盛時代ニシテ彼モ亦之ニ依テ總テテ解説セントスル考ヘニ拘泥セル爲ニ非ザルヤ。然レドモ電流通過區間ガ 1 cm 以内ノ場合ニハ Cat- 及ビ Anelektrotonus ガ互ニ干涉シ爲ニ興奮性ハ低下セル如キ状態ヲ呈スル事ハ有り得キ事ニシテ之ガ幾分影響セル事ハ否ム可ラザル事實ナリト思惟サル。

併シ乍ラ Du Bois Raymond モ云ヘル如ク餘リニ近心部迄モ刺戟電極ヲ移動セシムルトキハ一見興奮性ハ低下ヲ來ス。之ハ横斷面ニ餘リニ近キ爲損傷電流ノ影響ガ加ハル爲ナラン。

而モ實驗範圍内ニテハ一定ノ極限值ニ達スルトノ結果ニ達スル事ハナキモ若シ神經ガ充分長キモノト考フレバ、上記曲線ヨリ一定極限值ニ達スルナラントハ理論的ニハ考ヘラルル所ナリトス。

依ツテ余ハ次ノ如ク要約結論セントス。

- 1) 神經纖維ニ於テ刺戟電流通過區間ヲ増大スルニ從ヒ神經興奮性ハ始メ急速ニ後徐々ニ昂進ヲ來ス。
- 2) 電流通過區間ノ増大スルニ從ヒ興奮性ノ昂進ニハ一定ノ極限值アリトノ Tschirjew Marcuse ノ成績ハ余ノ實驗範圍内ニテハ肯定スル事ヲ得ズ。併シ理論的ニハ一定ノ極限值ニ達スルト考ヘラル。
- 3) 上向流下向流ニ於ケル相反的事實ハ認ムル事ヲ得ズ。
- 4) 電流通過區間ノ増大スルニ比例シテ神經纖維ノ Chronaxie 値ハ小トナル、

- 5) 神經纖維及ビ Hermann 氏 Model = 於テ逆電動力ハ電極間ノ距離ガ小ナル程大ナリ。
 6) 神經纖維ノ興奮性ハ電磁場内ニテハ低下テ來ス。

擱筆スルニ當リ恩師生沼教授ノ御懇切ナル御指導竝ニ御校閲竝ニ林助教授ノ實驗上ノ御助言ニ對シ深謝ス。

文 獻

- 1) *Hermann*, Handb. d. Physiol. Bd. II. S. 77, 1878. 2) *Biedermann*, Electrophysiol S. 519—522.
 3) *F. Golch*, Schafer's Text-Book of Physiol. Vol. II. p. 450—59. 4) *M. Masuda*, Okayama-Igakukai-Zassi. 39, 11, (454). 5) *P. Vogel*, Ztschr. f. Biol. Bd. 83, S. 147, 1925. 6) *Ebbecke*, Pflüger's Arch. Bd. 211, S. 485, 1926. 7) *Gildemeister*, Ztschr. f. Biol. Bd. 62, S. 358, 1913.
 8) *W. Eichler*, Ztschr. f. Biol. Bd. 91, p. 475, 1931. 9) *Hermann*, Pflüger's Arch. Bd. 6, S. 312, 1872. 10) *Willy*, Pflüger's Arch. Bd. 5, S. 275, 1871. 11) *Rushton*, J. Physiol. Vol. 63. 12) *Gardot et Laugier*, C. R. Soc. de Biol. 76, P. 539. 13) *Cardot*, Ebenda 77, P. 276. 14) *Tschirjew*, Arch. f. (Anat) u. Physiol. Bd. 1, S. 489, 1877. 15) *P. May*, J. Physiol. Vol. 26, P. 72, 1900—1901. 16) *Budge*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XVIII. S. 457, 1860. 17) *M. Masuda*, Okayama-Igakukai-Zassi. 40, 1, (456). 18) *Ebbecke*, Pflüger's Arch. Bd. 216, S. 448, 1927.
 19) *Gildemeister*, Pflüger's Arch. Bd. 101. S. 203, 1904. 20) *Pflüger*, Untersuchungen der Elektrotonus. S. 140. 21) *Heidenhain*, Allgem. med. Centralzeitung. 1859. 22) *Nernst*, Pflüger's Arch. Bd. 122, S. 275, 1908. 23) *Derselbe*, Ibid. Bd. 123, S. 454, 1908.

