

「クロナキシー」ニ關スル研究 其ノ3

Ebbecke 氏及ビ Lillie 氏筋神經標品模型ノ 「クロナキシー」ニ就テ

岡山醫科大學生理學教室 (主任生沼教授)

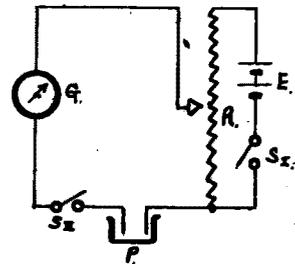
増 田 宗 義

緒 論

余ハ曩ニ蛙ノ筋神經標本ニツキ各種麻醉藥「クラール」溫度等ノ「クロナキシー」ニ對スル影響ニツキテ研究シ麻醉神經ニ於テハ其「レオバース」ヲ増加スレドモ「クロナキシー」ニハ變化ナキコトヲ明カニセリ、而シテ其意義ヲ明カニセントスルニハ先ヅ神經刺激ニ於ケル「クロナキシー」ノ意義ヲ明カニセザルベカラズ。余ハ其探究ノ目的ニ1—2ノ神經模型ニ就テ刺激ニ用キタル電氣量及ビ「エネルギー」ノ最小興奮ニ相當スル現象ニ對スル關係ヲ追究セリ。固ヨリ模型ハ實物ト何レノ點迄一致セルヤ不明ナルモ適當ナル模型ハ屢々複雑ナル内部機轉ノ理解ニ有カナル指示ヲ與フルコト尠カラズ。余ガ上述ノ實驗ニ選ビタル模型ハ Ebbecke 氏模型(1) 及ビ Lillie 氏模型(2) ナリ。

1. Ebbecke 氏模型

Ebbecke 氏模型ハ操作簡便ニシテ「クロナキシー」ハ生活標本ニ於ケルヨリ大ナル事及ビ電流計ヲ使用スル事ニヨリ直接容易ニ結果ヲ目撃シ得ル特徴ヲ有スル事ハ氏自ラモ推奨セル處ナリ。其主要點ハ一對ノ白金線(或ハ銅線)ヲ「ベツヘルグラス」ニ盛レル電離性ノ液體(稀薄ナル硫酸溶液、食鹽水、蒸餾水等)中ニ入レ尙ホ電氣輪道中ニ電流計ヲ連結シ之ヲ反應器トナシタルモノニテ電離液ハ神經ニ相當シ電流計ハ筋肉ニ相當ス、實驗ニ際シテハコノ他蓄電池、電氣抵抗器、鍵、Wippen 等ヲ準備シ圖ニ示スガ如キ連接ヲナシ電流計ニ表ハルル成績ニヨリ其結果ヲ知ル事ヲ得ベシ、而シテ「クロナキシー」ノ測定ニ當ツテハ更ニラビツク氏ノ「クロナキシメーター」裝置ヲ併用スル事ニヨリ各種ノ實驗ヲ試ミ得ベシ。



E = 電源
S_x = 鍵
R = 抵抗
P = 分極
G = 電流計

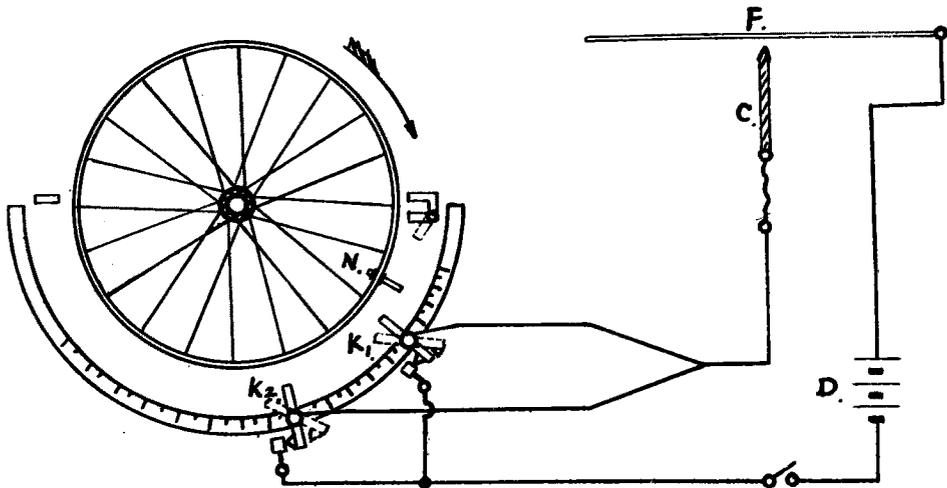
2. Lillie 氏模型

Lillie 氏ハ生活體ニ於ケル興奮傳導ニツキ簡單ナル假設ヲナシ、凡ソ組織上ニ與ヘラレタル刺激ハ局所的ノ變化ニヨリ刺激ヲ受ケタル部分(陽極)ト然ラザル部分(陰極)トノ間ニ局所的ニ電氣ノ環流ヲ生ジ次デコノ電流ノタメ隣接ノ安靜部(陰極)ヲ活動性即チ陽極ニ變ジ同様ノ變化ヲ繰返シテ順次移動性ニ電氣變化ノ

進行ヲ見ルモノニシテ要スルニ興奮ノ傳導ハ有限速度ヲ以テ移動スル電氣狀態ノ變化ニ外ナラズトノ原理ニ基キ此處ニ無機物ヲ以テ生活體ニ於ケルガ如キ模型標品ノ作成ヲ試ミタリ、即チ鐵線(直徑1mmノ「ピアノ」線)ヲ丁寧ニ繕フトリタルモノヲ濃硝酸液中ニ浸シ所謂“Passive iron”トナシソノ一端ニ亞鉛棒ノ一端ヲ觸ルレバ忽チ鐵線上ニ黒褐色ノ酸化物ヲ生ジ亞鉛棒接觸部ヨリ兩方ヘ擴ガリユクヲ認メ得ベシ、而シテ更ニ亞鉛棒ヲ觸ルル事ニヨリ同様ノ變化ヲ起サシムルニハ一定ノ刺戟間隔ヲ要シ尙ホ溫度及ビ硝酸液ノ濃度ガ一定ノ影響ヲ有スル外スベテ生活標本ニ於ケルガ如ク、不應期、悉無率ノ法則、「エレクトロトームス」ノ成立及ビ消滅等生活神經固有ノ特徴ヲ備ヘタル模型標品ヲ作成シ得タリ。

實驗裝置ハ直徑1mm、長サ25cmノ「ピアノ」鐵線ヲ充分磨キタル後濃硝酸液(余ハ專ラ發煙硝酸25cc蒸餾水75ccヨリナル比重1.30ノ濃度ノモノヲ用ヒタリ)中ニオキソノ表面ニ鈍キ白色ノ光澤ヲ放ツニ至ルヲ待チテ尖銳ナル木炭ノ電極ノ尖端ヲ上記液中ノ鐵線ニ近キ一點ニ固定シテ陽極トシ鐵線ヲ陰極トシテ通例ノ如ク電流ヲ通ズル時ハ刺戟ノ強弱其他種々ナル條件ノ異ナルニヨリ種々異リタル興奮現象ノ結果ヲ其部ニ目撃シ得ベシ。「クロナキシー」ノ測定ニ當リテハ最初時間ニ制限ナク電氣刺戟ヲ與ヘテ興奮(黒色酸化鐵形成)ヲ起スニ必要ナル刺戟強度即チ「レオバース」ヲ決定シ、次デ刺戟電壓ヲ倍量ノ強サトシ、豫メ刺戟電流ヲ通ズル兩電線間ヲ短絡シオキ一定ノ速度ヲ有スル廻轉式輪道開放器(下圖參照)ヲ動カス事ニヨリソノ連絡ヲ斷テバ標品上ニ電氣刺戟ヲ與ヘ得ベク刺戟電流ヲ通ズル電線上ノ一點ヲ開放器ノ進行ニヨリ中斷

- K₁ = 電池ノ兩極ヲ短絡スル接点
- K₂ = 電流輪道ヲ中絶スル接点
- N. = 接点ヲ蹴返ス車
- C. = 炭素棒
- F. = 濃硝酸中ノ鐵線(リ-氏模型)
- D. = 蓄電池



シ得ベク装置スル事ニヨリコノ兩點間ノ距離ヲ種々ノ長サニ變更シ、興奮ヲ起スニ要シタル兩點ノ距離ヲ知ル事ニヨリ所要時間ヲ算定シ得ベキヲ以テ「クロナキシー」ノ測定及ビ其他ノ實驗ヲナス事ヲ得ベシ。

實 験

1. 「クロナキシー」測定及ビ刺戟電氣量ノ影響

Ebbecke 氏模型ヲ用キ白金導子ノ尖端1耗ヲリンゲル氏液中ニ入レ其「レオバース」及ビ「クロナキシー」ヲ測定セシニ溫度10度ニ於テ「レオバース」0.5 Volt, 「クロナキシー」0.3 σ ノ成績ヲ得タリ。次デ電氣刺戟ノ強サヲ「レオバース」ノ量ヨリ漸次ニ増加シテ反應ヲ起スニ必要ナル時間ヲ測定セシニ第1表ニ示ス如ク漸次短縮ヲ來セシモ其變化ノ度ハ同率ナラズシテ第1圖ニ示ス如キ曲線ヲ示セリ。

第 1 表 Ebbecke 氏模型

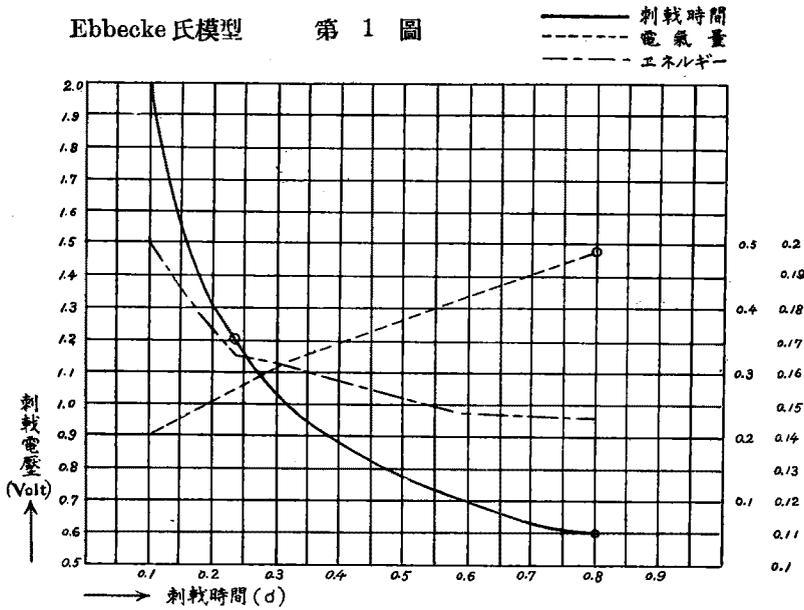
其 ノ 1

刺 戟 強 度 (Volt)	刺 戟 時 間 (σ)	電 氣 量	「エ ネ ル ギ ー」
0.6	0.80	0.48	0.144
0.7	0.60	0.42	0.147
0.8	0.48	0.38	0.154
0.9	0.39	0.35	0.158
2.0	0.31	0.31	0.160
1.1	0.27	0.30	0.163
1.2	0.23	0.28	0.166
1.4	0.18	0.25	0.177
1.6	0.15	0.23	0.186
1.8	0.12	0.22	0.194
2.0	0.10	0.20	0.200

其 ノ 2

0.6	0.80	0.48	0.144
0.7	0.65	0.46	0.159
0.8	0.54	0.43	0.173
0.9	0.45	0.41	0.182
1.0	0.39	0.39	0.195
1.1	0.34	0.38	0.205
1.2	0.30	0.36	0.216
1.4	0.23	0.32	0.225
1.6	0.15	0.24	0.192
1.8	0.12	0.22	0.194
2.0	0.10	0.20	0.200

Ebbecke 氏模型 第 1 圖



Lillie 氏模型ニ就テ同様ノ試験ヲ試ミタルニ「レオバース」2 Volt, 「クロナキシー」200σノ成績ヲ得タリ, 而シテ刺戟電氣量ノ増加ニ對スル時間ノ短縮度ハ第2表ニ示ス如クニシテ曲線ニ畫ケバ第2圖ニ示ス如ク前實驗ト略ボ同様ノ成績ヲ示セリ.

第 2 表 Lillie 氏模型

其ノ 1

刺 戟 強 度 (Volt)	刺 戟 時 間 (σ)	電 氣 量	「エ ネ ル ギ ー」
4	200	800	1600
6	130	780	2340
8	90	720	2880
10	70	700	3500
12	55	660	3960
14	45	630	4410

其ノ 2

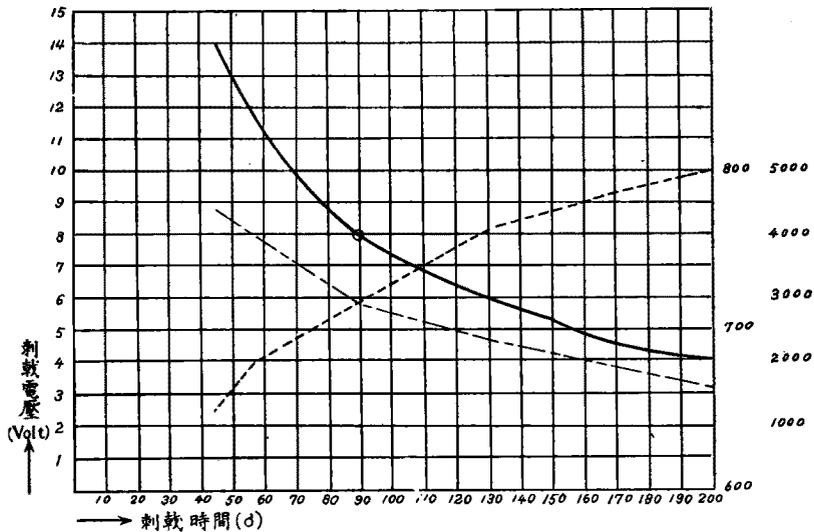
4	200	800	1600
6	150	900	2700
8	120	960	3840
10	105	1050	5250
12	95	1140	6840
14	90	1260	8820

其ノ 3

4	200	800	1600
6	140	840	2520
8	105	840	3360
10	85	850	4250
12	70	840	5004
14	60	840	5880

Lillie 氏模型 第 2 圖

—— 刺戟時間
 - - - 電 氣 量
 - · - エネルギ-



比較研究トシテ蛙ノ腓腸筋坐骨神經標本ニ就テ同様ノ實驗ヲ試ミタルニ其成績第3表及ビ第3圖ニ示ス如シ。

第 3 表 筋 神 經 標 本

其ノ 1

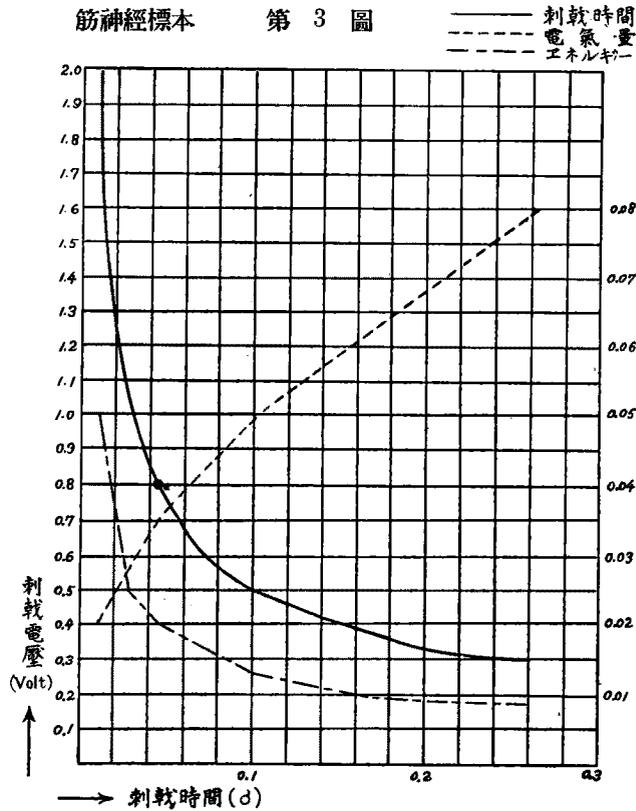
刺 戟 強 度 (Volt)	刺 戟 時 間 (σ)	電 氣 量	「エネ ル ギ ー」
0.3	0.260	0.078	0.0117
0.4	0.150	0.060	0.0120
0.5	0.100	0.050	0.0125
0.6	0.070	0.042	0.0126
0.7	0.055	0.039	0.0135
0.8	0.044	0.035	0.0141
0.9	0.036	0.032	0.0146

1.0	0.030	0.030	0.0150
1.2	0.023	0.028	0.0166
1.4	0.018	0.025	0.0176
1.6	0.015	0.024	0.0192
1.8	0.012	0.022	0.0194
2.0	0.010	0.020	0.0200

其ノ2

0.5	0.240	0.120	0.030
0.6	0.170	0.102	0.031
0.7	0.130	0.091	0.032
0.8	0.100	0.080	0.032
1.0	0.080	0.080	0.040
1.2	0.065	0.078	0.047
1.4	0.055	0.077	0.054
1.6	0.050	0.080	0.064
1.8	0.045	0.081	0.073
2.0	0.040	0.080	0.080

筋神經標本 第3圖



2. 電導性ノ影響 (Ebbecke 氏模型)

模型ニ用ユル電解液トシテ 2% 硫酸液, リンゲル氏液, 蒸餾水等ヲ用ヒテ各其「レオバース」及ビ「クロナキシー」ヲ測定セシニ硫酸液最モ長ク次デリンゲル氏液, 蒸餾水ノ順序ヲ示セリ, 而シテ之等ノ使用液ノ電氣抵抗度ヲ測定セシニ 2% 硫酸液 83.2 ohm, リンゲル氏液 129 ohm, 蒸餾水 27037 ohm ニシテ所謂「クロナキシー」ハ電氣抵抗度ニ比例シテ延長ヲ來スモノナルヲ知レリ.

第 4 表 電解液ト「クロナキシー」ノ關係

	2 % 硫 酸	<u>リンゲル液</u>	蒸 餾 水
「レオバース」 (Volt)	0.3	0.5	1.5
「クロナキシー」 (σ)	0.25	0.3	1.1

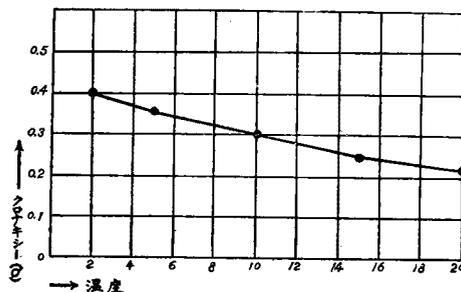
3. 温度ノ影響 (Ebbecke 氏模型)

模型電解液ニリンゲル氏液ヲ用ヒ其容器ヲ水槽中ニオキ水槽中ノ水温ヲ種々ニ變ズル事ニヨリ 2 度乃至 20 度ニ至ル各温度ニ於ケル「クロナキシー」ヲ測定セシニ其成績下表ニ示ス如ク「クロナキシー」ハ温度ニ反比例シテ温度ノ高キ程短縮シ低キ程延長ヲ見ル, 其温度係數ハ余ノ蛙ノ筋神經標本ニ就テノ實驗ニテハ平均 1.6 ナルモ本實驗ニテハ 1.4 ノ成績ヲ示シタリ.

第 5 表 温度ト「クロナキシー」ノ關係

温 度	2°	5°	10°	15°	20°
「クロナキシー」 (σ)	0.4	0.35	0.3	0.255	0.21

第 4 圖



4. Ebbecke 氏模型白金導子ノ位置ニヨル影響

電解液トシテリンゲル氏液, 2% 硫酸液, 蒸餾水等ヲ用ヒ白金導子ノ液中ニオケル深サヲ種々

ナル長サニ移動シテ「クロナキシー」ノ變化ヲ測定セシニ何レノ電解液ニ於テモ常ニ「レオバース」ハ液中ノ長サヲ増スニ從ヒ減少シ「クロナキシー」ハ之ニ反シ延長ヲ來セリ。

第6表 電解液中ニ於ケル白金導子ノ深サト「クロナキシー」ノ關係

分極液中ニ於ケル白金導子ノ長サ (mm)	2 % 硫酸		リンゲル液		蒸 餾 水	
	「レオバース」	「クロナキシー」	「レオバース」	「クロナキシー」	「レオバース」	「クロナキシー」
	(Volt)	(σ)	(Volt)	(σ)	(Volt)	(σ)
1	0.3	0.25	0.5	0.3	1.5	1.1
6	0.16	0.32	0.28	0.38	0.8	1.35
11	0.04	0.43	0.12	0.51	0.5	1.45

次デ導子相互間ノ距離ヲ 1—6 cm ノ種々ナル間隔ニ移動シタルモノニ就テ實驗ヲ試ミタルニ何等ノ影響ヲ認メ得ザリキ。

5. 電解液ノ粘稠度及ビ滲透膜ノ影響

電解液トシテ用ユルリンゲル氏液中ニ「アラビアゴム」ヲ種々ナル濃度ニ混入シテ其「クロナキシー」ニ對スル影響ヲ檢セシニ何等ノ變化ヲ認メ得ズ、又電導子ノ一方ヲ「コロジウム」膜ニテ單重或ハ二重ニ包ミ滲透膜ノ影響ヲ檢セシニ何レノ場合ニ於テモ何等成績ニ變化ヲ認メ得ザリキ。

實驗成績ノ考察及ビ結論

蛙ノ筋神經標本ニ就テ行ヘル實驗(第3表及ビ第3曲線圖)ニ於テ觀ルガ如ク筋神經標本ニ最小興奮ヲ起サシムベキ刺激ノ「エネルギー」量ハ刺激時間ノ短縮スルニ伴ヒ漸次増加シ行クモノニシテ「レオバース」ヨリ「クロナキシー」附近ニ達スル迄ノ間ハ極メテ徐々ニ増加スレドモ「クロナキシー」附近ヨリハ急ニ其増加率ヲ増シ曲線ノ勾配ヲ急ナラシム即チ「クロナキシー」ハ凡ソ緩勾配ガ急勾配ニ移ラントスル境附近ニアルヲ特徴トス、此關係ハ Ebbecke 氏模型ニ於テモ亦 Lillie 氏模型ニ於テモ之ヲ認ム、而シテ之ヲ Ebbecke 氏模型ニ就テノ檢索ニヨルニ電解液ノ電氣抵抗ヲ増加スルニ從ヒ「レオバース」ノ電壓ハ増加シ「クロナキシー」ハ延長スルヲ觀ル、然ルニ同一電解液ヲ用ヒタル場合ニ其中ニ挿入スル白金導子ノ長サヲ増加スルニ從ヒ「レオバース」ハ減少シテ「クロナキシー」ハ増加ス、Ebbecke 氏模型ニ於テ反應器(電流計)ノ「クロナキシー」ハ電解液ノ電解度ニ反比スル(電氣抵抗ニ正比)モノニテ氏ハ神經ニ於ケル興奮モ其電解度ニ關スルモノナリトセリ。

余ノ前ニ報告セル實驗ニ於テ麻醉神經ハ「レオバース」ヲ増加スルニ拘ハラズ「クロナキシー」ノ變化ヲ來サザル事實ノ類例ハ之ヲ模型ニ於テ發見スルコト能ハザリキ、然レドモ麻醉藥ハ神

經物質ノ電解性ヲ減少スルニヨリテ「レオバース」ヲ増加スルモノニアラザルコトハ其「クロナキシー」ヲ變セザルコトニヨリテ知ルヲ得ベキカ。

尙ホ實驗成績ヲ總括スレバ次ノ如シ。

1. 筋神經標品模型ニ於テ刺激ニ用ヒタル電氣「エネルギー」量ノ刺激時間ニ對スル關係ハ刺激時間ヲ横線ニ取り電壓ヲ縦線ニトリテ作圖スレバ「レオバース」ヨリ「クロナキシー」附近迄ハ電氣「エネルギー」ヲ表ス線ノ勾配ハ極メテ緩ナレドモ「クロナキシー」附近ヨリ急ニ其勾配ヲ増加ス。

2. Ebbecke 氏模型ニ用ヒル電解液トシテ リンゲル氏液, 2% 硫酸液又ハ蒸餾水ヲ用ヒテ「クロナキシー」ヲ比較測定セシニ被檢液ノ電氣抵抗度ニ正比例シテ延長ヲ來セリ。

3. 「クロナキシー」ハ溫度ノ高キ程小ナリ, 其溫度係數ハ蛙ノ筋神經標本ニアリテハ平均 1.6 ナルニ該模型ニアリテハ平均 1.4 ナリ。

4. 模型ノ「クロナキシー」ハ電導子ノ液中ニ浸サルル長サヲ増スニ從ツテ増加シ「レオバース」ハ却ツテ減少ス, 又電導子間ノ距離ハ 1—6 cm ノ間ニ於テハ「クロナキシー」ニ變化ナシ。

5. 電解液ニ「アラビアゴム」ヲ混入スルモ「クロナキシー」ニ變化ナシ, 又電導子ノ一方ヲ「コロジウム」膜ニテ包ムモ同様變化ナシ。

擧筆スルニ當リ生沼教授ノ終始御懇篤ナル御指導及ビ御校閲ヲ深謝ス。(2. 7. 18 受稿)

文 獻

- 1) Ebbecke, u. über die elektrischen Reiz-gesetze und ihre Erläuterung am Modell der Polarisationszelle, Pflüger Arch. f. d. ges. Physiol, 1926, Bd. 211. 2) R. S. Lillie, The recovery of transmissivity in Passive iron wires as a model of recovery Processes in irritable living systems. The Journal of general Physiology. Vol 3, P. 107. 3) Monnier, Étude sur le Nerf artificiel de Lillie, Annales de. Physiol. 1. 1925. 4) Lapique, Determination de la Chronaxie Par les décharges de Condensator, Compt. rend. Soc. biol. 1910. 5) Gildemeister, Die allgemeinen Gesetze des elektrischen Reizes. Zeitschr. f. Biol. 62, 359, 1913.

*Kurze Inhaltsangabe.***Ueber die Chronaxie des Nerv-muskel-modells von Ebbecke
und des Nervenmodells von Lillie.**

Von

Dr. med. Sogi Masuda.

*Aus dem Physiologischen Institut der Universität Okayama
(Vorstand: Prof. Dr. S. Oinuma).*

Eingegangen am 18. Juli 1927.

Der Autor bestimmte die Reizstärke (Volt), die nötig war um die minimale Reaktion (die Ablenkung des Galvanometers) am Ebbecke'schen Modell in verschiedener Reizdauer hervorzurufen. Das Resultat wird in das Koordinatensystem so eingetragen, dass die Ordinate die Reizstärke und die Abszisse die Zeitdauer wiedergibt. In dieser Darstellung werden folgende Besonderheiten deutlich.

1) Die Chronaxie hat auch in diesem Modell ihre besondere Eigenart ebenso wie in dem Nerv-muskel-präparat. Die Energiekurve steigt von Rheobase bis Chronaxie mit geringer Neigung; aber von diesem Punkt an steigt die Kurve plötzlich. Dasselbe Verhältnis findet man auch am Lillie'schen Modell.

2) Die Chronaxie des Ebbecke'schen Modells verlängert sich proportional dem elektrischen Widerstande des Elektrolyten, den man als Polarisierflüssigkeit des Modells braucht. Ich benutzte als Polarisierflüssigkeit Ringerlösung, 2%ige Schwefelsäure und destilliertes Wasser.

3) Der Temperaturkoeffizient des Ebbecke'schen Modells für die Chronaxie ist durchschnittlich 1.4 während der des Nerv-muskel-präparates des Frosches 1.6 ist.

4) Wenn man die Länge der Elektrode, die in die Polarisierflüssigkeit hineinragt vergrößert, verkürzt sich die Rheobase und die Chronaxie wird ausgedehnt. Die Entfernung beider Pole in der Polarisierflüssigkeit hat keinen Einfluss auf die Chronaxie im Bereich von 1—6 cm.

5) Die Beimischung von Gummi arabicum in die Polarisierflüssigkeit des Ebbecke'schen Modells ändert nicht den Wert der Chronaxie. Umhüllung eines Poles der Elektroden mit Kollodium-hülse hat auch keinen Einfluss auf die Chronaxie.

