

Vol. 3, No. 6

November, 1938

日本生理學雜誌

第 3 卷 第 6 號

昭和 13 年 11 月 25 日 發行

大 日 本 生 理 學 會

略名・日本生理誌

Nihon Seiri. Z.

會 報

會 員 移 動

下記退會員氏名

古川 加久二
野村 新太郎
勝田 泰一
米原 忠徳

4名

大阪帝大第1生理
東京帝大耳鼻
慶應大生理

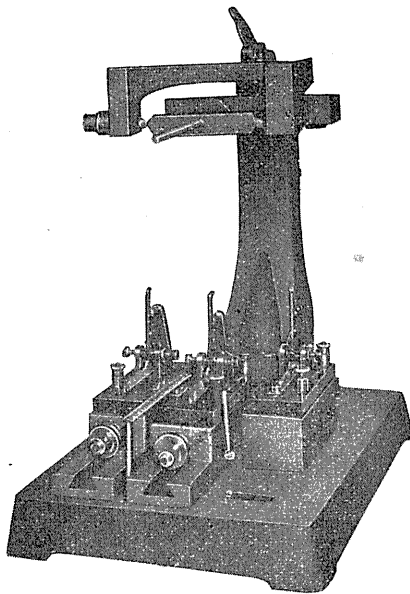
下記新入會員氏名

上小 鶴克巳
新井 祐太郎
紅 林 康
櫻 井 惺
武藤 邦宏
和田 恒夫
銘 刈 進
久徳 知行
仙石 敏夫

9名

慈惠 醫大生理
千葉 醫大生理
千葉 醫大生理
千葉 醫大生理
千葉 醫大生理
千葉 醫大生理
慈惠 醫大臨研
名古屋醫大生理
名古屋醫大生理
以上 昭和13年11月10日現在

東京市中野區昭通 2, 46
千葉縣市川市市川 185
東京市中野區桃園町 20
東京市京橋區築地海軍軍醫學校
千葉縣幕張町 130
千葉市道場南町 84
東京市麻布區六本木町 31
名古屋市東區下堅杉町 1ノ1
名古屋市昭和區, 名古屋醫科大學生理學教室



東 式 ペ ン デ ル

三 極 用

定價 190.00 (東京渡)

高 橋 春 雄

東京市本郷區彌生町 3

電・小石川 3121番

出張所 東京帝大醫學部内

電・小石川 3011 の 782番
4009

骨 筋ニ於ケル 磷原質ノ研究 (4) 612. 744. 24

負 荷ニヨリ機械的張力ヲ受ケツツアル一沃度醋酸中毒 筋ノ活動時ノ磷原質消費ニ就テ

東京慈惠會醫科大學生理學教室

石 川 勳

I. 緒 論

茲ニ報告セントスル研究ハ曩ニ吾々ノ教室ニ於テ小島 (2 148) 及黒田 (4 23) (4 33) ノ行ツタ實驗ノ繼續業績デア
ル。

磷原質ノ刺激生理學ニ於ケル意義ハ 1930 年發表シタ Lundsgaard ノ業績 (5 162) (6 51) ニ始マルト云ヘヤウ。彼ハ、一沃度醋酸中毒筋ニ於テハ糖原質ノ分解ガ抑制サレル結果必然的ニ磷原質ノ再合成モ亦抑制サレルガ、磷原質ノ分解過程ハ妨ガラレヌタメ、貯藏磷原質ガ全部分解シ了ルマデ筋ハ收縮シ得ルコトヲ發見シ、Hill 及 Meyerhof ニ因ツテ筋化學ノ第 1 線ニアツタ糖原質ノ地位ハ磷原質ニ奪ヒ去ラレタ如クデア
ル。此機構ハ云フ迄モナク筋收縮ノ直接ノ勢力源ハ磷原質ノ分解時ニ發生スル利用勢力デアルト云フコトデア
ル。然ルニ 1934 年 Lundsgaard 等ハ更ニ磷原質ニ前驅シテ Adenylpyrophosphorsäure ノ分解ノアルコトヲ主張シ (7 306), ソノ分解ニ發生スル利用勢力ガ筋收縮ノ第 1 次ノ勢力源デア
リ、磷原質分解時ニ發生スル利用勢力ハ Adenylpyrophosphorsäure ノ再合成ニ用ヒラレルト云ヒ、茲ニ筋化學ハ急速ナル進展ヲ遂ゲタ。然シ乍ラ、其等ノ化學過程ハ今日未ダ確定的ナモノトハ謂ヒ難ク、今後ノ實驗ニ俟ツトコロ頗ル多イ。

茲ニ報告セントスル余ノ實驗ハ、一沃度醋酸ヲ以テ筋ヲ處理シ、即チ筋ニ於ケル磷原質ノ再合成過程ヲ抑制シ、更ニ之ニ種々ナル重量負荷ヲ加ヘ、即チ機械的張力ヲ作用セシメタル實驗條件下ニ一定頻度ノ刺激ヲ與ヘテ收縮ヲ營マシメ、然ル後磷原質ヲ定量シテ其際ノ筋化學ノ機構ヲ究明シタノデア
ル。

斯ル實驗ヲ企圖シタ所以ハ Nachmansohn (8 262) 及 Riesser, Miura (9 511) 等ガ磷原質ノ分解ヲ示標トスル限リ、正常筋ノ收縮時ニ消費サル勢力量ガ負荷ニ影響サルルコト多キヲ擧ゲ、此問題ヨリ筋興奮過程ノ悉無性ニ論及セルトコロニ示唆ヲ得タノデア
ル。

實驗ハ 1937 年末ヨリ翌年 4 月迄ノ間ニ行ツタモノデア
ル。

II. 實 驗 方 法

A. 實驗材料 筋ハ體重 200 g 前後ノ雄鼠ノ腓腸筋ヲ用ヒタ。一沃度醋酸ハ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ヲ加ヘテ中和シタ 6% ノ注射用液ト 0.06% ノ割合ニ Ringer ニ溶シタ筋浸漬液ノ 2 種ヲ用ヒタ。

B. 實驗裝置及方法 鼠ノ兩側ノ坐骨神經ヲ梨子狀筋下ニ切斷シ、切口ヲ縫合シ、翌日一沃度醋酸ノ注射液ヲ體重 100 g ニ付キ 1 cc ノ割合デ皮下ニ注射シ、完全ニ中毒症狀ヲ起シタ時期 (4 34) ニ腓腸筋ヲ剔出シ、一側ハ對照實驗トシテ直チニ磷原質ノ定量ニ供シ、他側ハ更ニ 5 分間一沃度醋酸ノ浸漬液ニ浸漬シ、次デ筋ヲ濕室 (13~15°C) ニ移シ Achilles 腱ニ所定ノ負荷 (0, 50, 100, 150g) ヲ加ヘ、一定頻度 (毎分 24 回) ノ開放感應電擊ヲ一定回數 (30, 60, 120, 150) ダケ直接筋ニ加ヘテ等張性攣縮ヲ營マシメタ。刺激ノ強度ハ ebenmaximal ノ程度トシタ。所定ノ攣縮ヲ終レバ筋ヲ濕室ヨリ取出シ直チニ液體空氣ニ投入シ、凍結ト共ニソノ筋ヲ取り出シ叶山氏白杵 (3 126) ヲ用ヒテ之

ヲ粉碎シ、Eggleton 黒田ノ方法 (1 193) (4 34) ニヨリ磷原質ヲ定量シタ。

III. 實 驗 成 績

實驗成績ハ記載ヲ簡單化スルタメ表トシ、實驗ノ目的ニ從ヒ 負荷ノ重量ヲ 基準トシテ 4 表ニ別ケタ。之等ノ表ニ於テ、第 7 行目ノ磷原質消費量トハ對照筋ノ磷原質量ヨリ被檢筋ノソレヲ差引イタモノヲ云ヒ、第 8 行目ノ消費率トハ消費量ヲ對照筋ノ磷原質量デ除シタモノデアル。

第 1 表 (毎分刺激頻度 24 回 負荷 0)

攣縮 回 數	實 驗 番 號	對 照 筋		被 檢 筋		磷 原 質 消 費 量	磷 原 質 消 費 率
		Ortho 磷酸鹽	磷 原 質	Ortho 磷酸鹽	磷 原 質		
		mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	
60	82	16.8	51.0	22.1	43.9	7.1	0.13
	33	24.6	48.7	26.0	45.7	3.0	0.06
	32	17.8	40.6	24.3	27.1	13.5	0.33
	31	24.1	47.7	31.3	46.7	1.0	0.02
	21	21.7	63.3	31.1	57.5	7.8	0.12
	29	13.3	60.9	29.6	54.5	5.4	0.08
	26	16.4	62.6	28.2	45.3	17.3	0.27
	23	16.6	46.3	22.4	37.3	9.0	0.19
	22	24.1	64.2	18.8	45.2	19.0	0.29
	平均	19.4	53.9	25.9	44.8	9.2	0.16
120	35	17.2	50.3	21.2	20.8	39.5	0.78
	51	29.6	65.1	13.5	25.5	39.6	0.60
	91	21.8	56.1	15.4	13.3	42.8	0.76
	平均	22.8	57.1	16.7	19.8	40.6	0.71

第 2 表 (毎分刺激頻度 24 回 負荷 50g)

攣縮 回 數	實 驗 番 號	對 照 筋		被 檢 筋		磷 原 質 消 費 量	磷 原 質 消 費 率
		Ortho 磷酸鹽	磷 原 質	Ortho 磷酸鹽	磷 原 質		
		mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	
30	49	18.7	66.0	24.2	57.8	8.2	0.12
	46	14.2	62.7	20.7	55.3	7.4	0.11
	47	22.1	59.4	27.9	55.9	3.5	0.05
	45	29.0	58.5	33.3	49.0	9.5	0.16
	50	23.3	57.7	26.8	37.9	19.8	0.34
	67	19.5	51.7	22.6	45.9	5.8	0.11
	48	17.2	62.0	24.0	53.0	9.0	0.14
	80	20.4	53.0	22.2	52.3	0.7	0.01
	平均	20.5	58.8	25.2	50.8	7.9	0.13

攣縮 回數	實驗 番號	對 照 筋		被 檢 筋		磷 原 質 消 費 量	磷 原 質 消 費 率
		Ortho 磷酸鹽	磷 原 質	Ortho 磷酸鹽	磷 原 質		
		mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	
60	13	28.7	66.3	21.7	34.7	31.6	0.47
	19	16.3	59.3	13.6	32.1	27.2	0.45
	17	22.6	57.8	30.8	23.3	34.5	0.59
	16	27.0	55.5	22.3	16.7	38.8	0.69
	34	27.7	50.5	16.1	30.4	20.1	0.39
	70	16.3	52.9	20.9	32.8	29.1	0.55
	18	23.0	65.2	39.9	40.0	25.2	0.38
	平均	23.0	58.2	23.6	30.0	29.5	0.50
120	42	18.0	64.7	15.8	7.8	56.9	0.87
	39	22.6	62.8	12.4	7.9	54.9	0.87
	75	20.5	61.2	18.2	20.7	40.5	0.66
	76	17.0	59.0	13.6	15.4	43.6	0.73
	36	18.8	56.3	10.6	10.3	46.0	0.81
	38	13.4	53.4	10.2	8.1	45.3	0.84
	72	22.2	48.2	16.8	11.3	36.9	0.76
	77	22.2	47.0	8.3	9.4	38.6	0.82
	70	23.1	45.9	17.1	20.3	25.6	0.55
	43	18.0	45.3	14.9	20.0	25.3	0.55
	37	11.1	52.0	6.1	7.8	44.2	0.85
平均	18.8	54.1	13.0	12.6	41.6	0.75	
150	65	23.8	58.0	16.2	9.5	48.5	0.83
	89	23.6	51.9	8.0	9.0	42.9	0.82
	66	29.6	41.4	8.6	6.6	34.8	0.84
	87	18.9	45.2	11.3	9.1	36.1	0.79
	88	15.9	60.4	9.9	10.2	50.2	0.83
	78	15.2	55.1	5.9	4.2	48.6	0.88
	平均	21.0	52.0	9.9	8.1	43.5	0.83

第 3 表 (每分刺激頻度 24 回負荷 100 g)

攣縮 回數	實驗 番號	對 照 筋		被 檢 筋		磷 原 質 消 費 量	磷 原 質 消 費 率
		Ortho 磷酸鹽	磷 原 質	Ortho 磷酸鹽	磷 原 質		
		mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	
30	53	23.0	61.2	30.2	46.4	14.8	0.24
	68	18.8	56.3	21.3	47.9	8.4	0.14
	58	20.6	55.7	26.6	50.7	5.0	0.08
	56	25.1	47.5	30.6	33.2	14.4	0.30

攣縮 回數	實 驗 番 號	對 照 筋		被 檢 筋		磷 原 質 消 費 量	磷 原 質 消 費 率
		Ortho 磷酸鹽	磷 原 質	Ortho 磷酸鹽	磷 原 質		
		mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	
	57	29.2	47.6	36.3	41.2	6.5	0.13
	54	23.1	60.1	31.2	50.3	9.8	0.16
	52	25.1	53.2	29.9	36.2	17.0	0.31
	平 均	23.5	54.5	29.4	43.7	10.8	0.19
60	62	40.0	71.6	14.6	29.1	42.5	0.59
	61	21.4	58.5	22.4	28.0	30.5	0.52
	73	17.4	54.0	28.6	33.6	20.4	0.37
	74	19.6	51.0	24.8	24.1	26.9	0.52
	60	22.7	49.2	25.7	19.7	29.5	0.59
	64	20.3	49.2	17.6	22.9	26.3	0.53
	63	28.5	55.7	14.4	21.1	34.6	0.62
平 均	24.2	55.6	21.1	25.5	30.1	0.53	
120	79	16.0	46.1	9.3	6.5	39.6	0.85
	81	13.4	50.8	13.5	6.6	43.7	0.86
	83	13.9	50.9	10.7	11.4	39.5	0.77
	84	15.3	50.3	5.0	8.3	42.0	0.83
	85	15.6	54.9	21.2	9.9	45.0	0.81
	86	28.9	52.6	9.6	6.3	46.3	0.88
	92	20.0	57.7	10.5	18.3	39.4	0.66
平 均	17.5	51.9	11.4	9.6	42.2	0.81	
150	93	25.6	52.3	16.2	13.4	38.9	0.74
	105	19.7	50.3	10.3	8.4	41.9	0.83
	106	16.9	54.9	6.0	6.1	48.8	0.88
	107	15.7	53.4	9.2	8.2	45.2	0.84
	108	18.8	64.1	12.1	12.1	52.0	0.81
平 均	19.3	55.0	10.7	9.6	45.3	0.82	

第 4 表 (每分刺激頻度 24 回負荷 150 g)

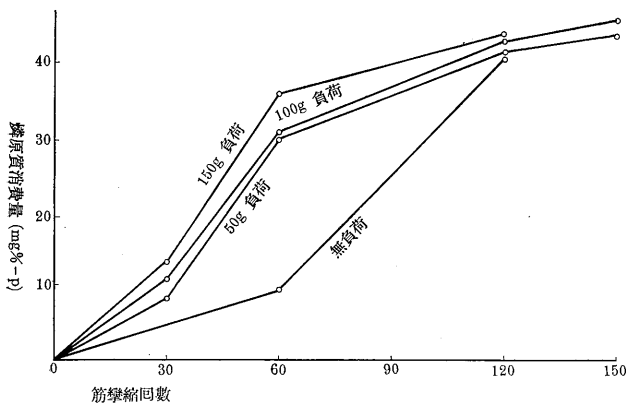
攣縮 回數	實 驗 番 號	對 照 筋		被 檢 筋		磷 原 質 消 費 量	磷 原 質 消 費 率
		Ortho 磷酸鹽	磷 原 質	Ortho 磷酸鹽	磷 原 質		
		mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	mg % P	
30	95	34.0	54.4	24.5	47.9	6.5	0.11
	97	21.0	54.7	22.9	38.0	16.7	0.30
	99	17.5	55.5	19.1	25.8	29.8	0.53
	100	20.1	41.3	23.0	36.6	4.7	0.11

攣縮回数	實驗番號	對照筋		被檢筋		磷原質消費量 mg % P	磷原質消費率
		Ortho 磷酸鹽	磷原質	Ortho 磷酸鹽	磷原質		
		mg % P	mg % P	mg % P	mg % P		
	102	26.6	54.2	39.7	43.5	10.7	0.19
	104	20.3	61.2	24.6	51.8	9.4	0.15
	平均	23.2	53.5	25.6	40.6	12.9	0.23
60	94	22.5	57.8	20.3	27.8	30.0	0.51
	96	23.3	48.7	21.2	21.2	27.5	0.56
	101	28.4	60.2	26.8	31.6	28.6	0.47
	114	15.7	54.7	27.3	11.1	44.6	0.81
	115	19.8	62.0	17.9	19.2	42.8	0.69
	113	19.4	47.6	14.6	9.6	38.6	0.81
	平均	21.5	55.1	21.3	20.0	35.3	0.64
120	109	19.8	47.0	11.3	7.3	39.7	0.84
	110	19.7	56.0	25.1	4.6	51.4	0.91
	112	16.3	52.8	10.7	5.5	47.3	0.89
	103	22.4	40.8	12.2	9.9	30.9	0.75
	116	16.3	61.7	23.3	9.1	52.6	0.85
	111	21.4	59.4	18.4	20.4	39.0	0.65
	平均	19.3	52.9	17.6	9.4	43.4	0.81

VI. 實驗成績ニ就テノ考察

前章ノ成績ニ就テ負荷ト攣縮時ノ勢力消費量トノ關係ヲ判リ易クスルタメニ圖示スルト第 1 圖及第 2 圖ノ如クニナル。兩圖共横軸ニハ攣縮回数ヲトツタ。縦軸ハ第 1 圖デハ所定ノ攣縮回数マデニ消費シタ全磷原質量ヲ、第 2 圖デハ初回攣縮カラ所定ノ攣縮ヲ行ハシメタ近傍ニ於ケル部ノ毎攣縮宛ニ消費セラレル磷原質量ヲ示シタ。勿論單一攣縮時ノ磷原質消費量ハ僅少ナタメ 30—60 回ノ攣縮デ消費シタ磷原質量ヲ攣縮回数デ除シテソノ平均値ヲ記シタ。

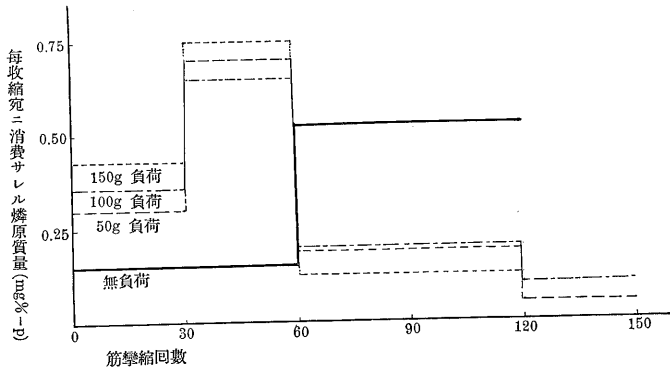
第 1 圖 攣縮回数磷原質消費量曲線



コノ兩圖カラ明カナ如ク余ノ實驗條件ノ範圍デハ攣縮ヲ開始シテカラ初メノ 30 回マデハ毎攣縮宛ニ消費スル磷原質量ハ荷重ガ増加スルト常ニ増加スル。即筋纖維ニ加ヘラレル張力ノ程度ニヨツテ攣縮時ニ放出スル勢力代謝ガ左右セラレルコトヲ見タ。

次ニ毎攣縮ニ消費スル磷原質量ハ攣縮回数ガ 0—30 回マデノ間ヨリ 30—60 回ノ間ノ場合ノ方ガ比較的多量トナリ、殆ンド倍量ニ近い。之ハ黒田ノ實驗(4 33)ト矛盾スル所デアルガ、黒田ハ初回ヨリ 50 回マデノ平均ヲ

第2圖 攣縮回数毎1回攣縮磷原質消費量曲線



酸素状態デアルカニ依ツテ起ルコノ差異ハ、空氣中ニ於テノ中毒筋ノ活動能力ガ室素中ニ於ケルソレヨリモ多イト言フコトカヲ考ヘ合ハセルト、Ortho-磷酸鹽ノ一部ガ空氣中ニ於テハ糖原質以外ノ勢力源ニヨツテ再合成セラレ、之レガ分解後 Hexose 磷酸ニ成ツタ結果ノ如クニモ考ヘラレル。之レハ純化學上ノ問題デハアルガ、糖原質以外ニ磷酸質再合成ノ機轉ノ有無ガ諸方面ニ検討サレテ居ル現状ニ鑑ミ、此種ノ所見ハ生理學上ノ研究對象トシテモ期待セラレル所デアル。

V. 摘 要

1. 一沃度醋酸中毒筋ニ一定ノ負荷ヲ懸ケ、即チ絶エズ一定ノ機械的張力ヲ作用セシメツツ攣縮ヲ營マシメ、其際ニ消費サルル磷酸質量ノ消長ヲ觀察シタ。
2. 一沃度醋酸ヲ囊ノ皮下ニ注射シ、完全ニ中毒症状ヲ呈シタ時期ノ骨骼筋ノ磷酸質靜止價ハ 52.8—58.8 mg %P ノ間ニ在ツタ。此値ハ黒田ガ室温ニ於ケル正常筋ノ 49.0—62.0 mg %P ト大差ガナク、又同氏ノ 10°C ニ於ケル一沃度醋酸中毒筋ノ 52.8 mg %P ヲリ稍多カツタ。
3. 一定ノ機械的張力ヲ作用セシメタ條件下ノ攣縮系列ニ於テ毎1回ノ攣縮ノ磷酸質消費量ハ中期 (31—60 回) > 初期 (1—30 回) > 末期デアリ、負荷トノ關係ハ余ノ實驗條件デハ尙不足デアルカモ知レヌガ、初期ニハ負荷ガ大デアル程消費量ガ大デアツタ。
4. 筋攣縮ノ回数ガ多クナルニ從ヒ Ortho-磷酸鹽ハ靜止價ヨリモ減少シ、負荷ガ大デアル場合ニハ小ナル場合ニ比較シヨリ多ク減少スルコトヲ觀タ。

本業績ノ發表ニ際シ浦本教授黒田講師ノ懇篤ナル指導ト校閲トニ對シ深謝ノ意ヲ表ス。

文 獻

- 1) Eggleton, G. P. and Eggleton, P. (1929) J. Physiol. 68
- 2) 小島 信一 (1936) 日本生理誌 1
- 3) 叶山 常吉 (1932) 東京慈惠會醫科大學生理學論文集 II
- 4) 黒田林三郎 (1938) 日本生理誌 8
- 5) Lundsgaard, E. (1930) Biochem. Z. 217
- 6) Lundsgaard, E. (1930) Biochem. Z. 227
- 7) Lundsgaard, E. (1930) Biochem. Z. 269
- 8) Nachmansohn, D. (1929) Biochem. Z. 213
- 9) Riesser, O. u. R. Miura (1933) Pflügers Arch. 232

トリ、余ハ初回ヨリ 30 回、31 回ヨリ 60 回マデノ磷酸質消費量ヲトツタコトモ考慮シナケレバナラス。

次ニ考察ヲ加ヘル事柄ハ空氣中デ中毒筋ヲ活動セシメタ余ノ實驗デハ、Ortho 磷酸鹽ノ減量ガ見ラレルト言フ事實デアル。(無酸素状態デ中毒筋ヲ刺激シタ先人ノ成績ニヨルト、靜常時ノ値ト變ラナイト記サレテ居ル。) 余ノ實驗ニ於テ見ル如ク筋ノ環境ガ空氣中デアルカ、又ハ無

電氣及機械曲線ヲ指標トセル Curare ノ心臟作用ニ就

テノ研究 612; 174; 172, 4

東京慈惠會醫科大學生理學教室

山 口 周 正

I. 緒 論

Curare ハ極ク少量デ骨格筋ノ神經終板ヲ選擇的ニ麻痺セシメル。然ルニ心臟ニ對シテハ、大量ナラバ迷走神經心臟枝ヲ麻痺セシメルガ、交感神經ニハ何等ノ影響ヲモ與ヘヌト謂ハレ (9 68) (10 68), 結局心筋ニ對スル作用ノ全機構ハ尙未詳デアル。

表題ノ研究ニ於テ余ハ先ヅ先人ノ心臟神經ニ對スル Curare ノ作用ニ就テノ研究ヲ追試スルコトニ出發シタ。即チ初メハ墓ヨリ剔出セル心臟ヲ Curare-Ringer 液ニテ灌流シ、Curare 中毒ノ經過中ニ迷走神經及交感神經ヲ別個ニ刺激シテ其刺激效果上ノ變化ヲ追究シタ。次デ墓ノ心臟ヲ原位ニ於テ後靜脈ヨリ Curare-Ringer 液ヲ以テ灌流シ、心臟機械曲線ヲ描寫シ乍ラソノ曲線ニ變化ヲ現ハス中毒ノ各時期ニ於テ心臟電氣曲線ヲ描寫シ、機械曲線ト電氣曲線トヲ比較對照スル事ニヨリ Curare ノ心臟ニ對スル中毒作用ノ機構ヲ闡明シヨウト企圖シタ。

實驗ノ主目的ハ以上ノ如クデアルガ、一方此研究ハ又上記ノ兩曲線ヲ比較検討スルコトニヨリ、心臟電氣曲線中ノ各棘、例ヘバ其主要ナル R 棘、T 棘等ト心臟ノ機械作業トノ關係ヲモ明ラカニスルコトニナル。

實驗ハ 1937 年 10 月ヨリ 1938 年 3 月迄主トシテ冬眠中ノ墓ヲ材料トシテ行ツタ。

II. 實 驗 方 法

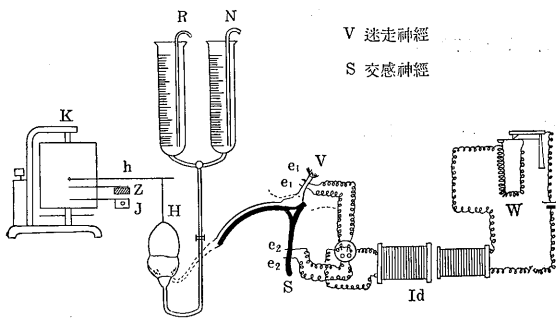
A. 實驗材料及標本ノ作製 墓ハ雄性ノ 200 g 前後ノモノヲ用ヒタ。Curare ハ Merch 製ノモノデ、Ringer 液 1 l 中ニ 0.5—2.0 g ヲ混ジタ。

標本ノ製作ハ、心臟神經ニ對スル Curare ノ作用ヲ觀察セル從來ノ實驗ヲ批判的ニ追試スルニハ Curare 中毒下ノ心臟ニ於テ心臟抑制神經ト促進神經トヲ別個ニ刺激シテ其效果ヲ比較セネバナラヌ關係上、長谷川氏法 (6 1) ニ倣ヒ、迷走神經ト交感神經トヲ頸靜脈神經節ヨリモ中樞部ニ於テ分離シタ。此分離法ノウチ交感神經ニ就テハ既ニ前報告 (16 233) ニモ記載シタカラ、茲ニハ迷走神經ノ分離法ダケヲ簡單ニ述ベル。即チ墓ノ頭蓋基底部ヲ左右ニ切半シ、延髓ノ周圍組織ヲヨク除去シ、延髓ヨリ發スル迷走神經經路ヲ見出セバヨイノデアル。頭蓋内ノ經路ハ其長サ凡ソ 3—4 mm デアルカラ其經路ヲ電氣的ニ刺激シテモ交感神經ニマデ電流滑走ヲ及ボサナイデ濟ム。交感神經ノ方ハ交感神經索ノ一部ヲ脊椎ヨリ離シテ刺激スルノデアル。

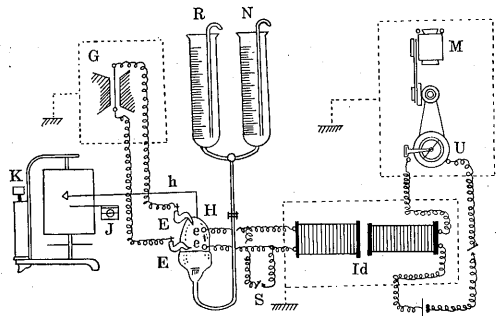
B. 實驗裝置 緒論ニ述ベタ如ク實驗方法ハ 2 ツニ分レルノデ實驗ノ裝置モ亦 2 ツニ分レル、剔出灌流心臟ニ就テノ實驗裝置ハ型圖トシテ第 1 圖ニ示シタ。R, N ハ Ringer 液及 Curare-Ringer 液ノ貯藏 Mariott 瓶、K ハ心臟機械曲線ヲ描寫スル波線描記器デアル。圖ノ右方ハ心臟標本ノ迷走及交感神經ノ經路ト刺激裝置トヲ示シタ。

次ニ Curare ノ作用セシメタ墓ノ心臟ニ就テ電氣及機械曲線ヲ描寫シタ實驗ノ裝置ハ大體余等ノ教室ノ清水ノ方法 (11 121) ニ倣ヒ、第 2 圖ニ示ス如クデアル。心臟機械曲線ノ擴大ハ約 5 倍トシ、心臟活動流ノ誘導ハ E E ナル Ringer-Agar-Zn SO₄-Zn 連鎖ノ不分極電極ヲ用ヒタ。Elektrokardiograph ノ絃ノ敏度ハ 1×10^{-8} A ノ電流ヲ通ズル時 1 m ノ距離ニ於テ絃影ガ 1 mm ノ振レヲ示ス程度ニ調節シタ。尙心臟ヲ刺激スルニハ浦本型刺激選擇器 u ヲ感應電氣器ノ第 1 輪道ニ連絡シ、適當ナ時間間隔ヲ措テ ee ヲヨリ開放感應電擊ヲ與ヘル様ニシタ。

第 1 圖 剔出心臟ノ實驗裝置ノ型圖



第 2 圖 原位心臟ノ實驗裝置ノ型圖



C. 實驗實施 前半ノ實驗、即チ剔出心臟ヲ用ヒタ實驗デハ、液温 13°—17°C、液壓水柱 15 cm、毎分ノ灌流量 5—7 cc トスル條件下ニ灌流シ、心搏動ガ平衡状態ニ達シタ所デ先ヅ毎秒 30 振動ノ強縮電氣刺激ヲ 5 秒間迷走又ハ交感兩神經ニ與ヘ、兩神經ノ刺激效果ヲ現ハス閾値ヲ求メ、抑制及促進作用ノ基準ヲ定メルニハ其閾値ヨリ卷軸距離ヲ 20—40mm 短縮シタ強度ノ刺激ヲ與ヘ、其刺激效果ヲトツタ。以上ノ觀察ヲ終ルト Ringer 液ヲ Curare-Ringer 液ニ切換ヘ、Curare 中毒ノ進行ト共ニ迷走及交感神經ヲ刺激シ、但シソノ刺激ノ強度トソノ持續期間ト中毒時期ノ如何ニヨリ多少變更スル條件下ニ刺激效果ヲ比較檢討シタ。

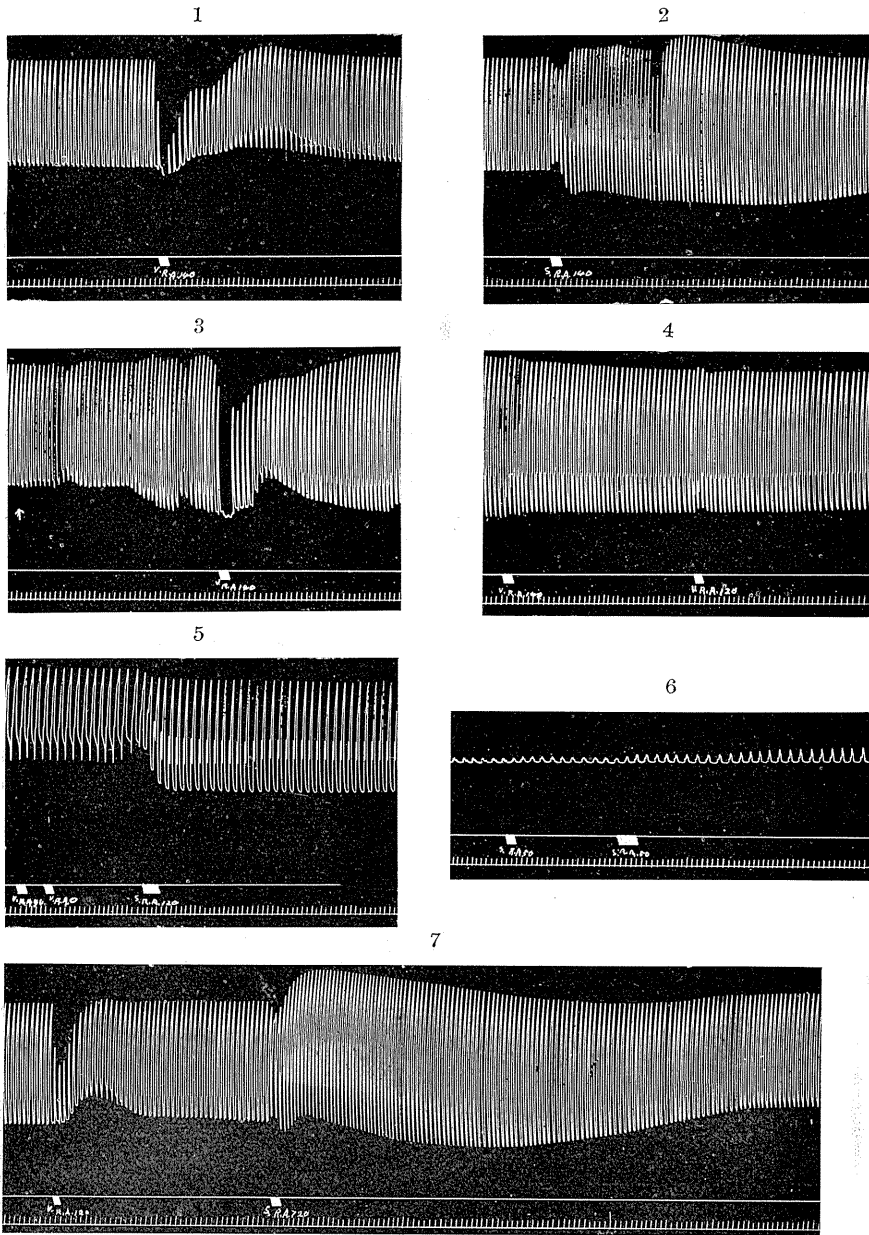
次ニ後半ノ實驗、即チ原位心臟ヲ用ヒタ實驗ハ心臟ノ Curare ニ對スル中毒症狀ニヨリ前後ノ 2 期ニ分ケラレル、前期ハ心臟ノ自然搏動ガ全ク停止スルマデノ期間デアリ、此間心臟機械曲線ト又心室基部及心尖部カラ誘導シタル Elektrokardiogramm ヲ描寫シ、機械曲線ハ又場合ニヨリ電氣曲線ト共ニ (14 16) 描寫シタ。中毒ノ後期ニハ心臟ノ自然搏動ガ全ク停止スルカラ其時ニハ人爲ノ刺激ヲ直接心室ニ加ヘテ (刺激回数毎分 24—25 回) 所定ノ實驗ヲ行ツタ。

III. 實驗成績

A. 剔出灌流心臟ニ就テノ實驗成績

實驗ノ成績ハ實驗溫度、材料ノ個性差、神經ノ刺激側 (左右) 等ニ因リ多少ノ相異ハアルガ、Curare ノ心臟神經ニ對スル本來ノ機構ト認ムベキ點ニ就テハ大體所見ガ一致シタ。即チ迷走神經ハ Curare 中毒ノ初期ニ麻痺セラレルガ、交感神經ハ心臟ノ搏動ヲ續ケテ居ル限り刺激效果ヲ現ハシタ。正常 Ringer 液ノ灌流ヲ Curare-Ringer 液ニ切換ヘ、5—6 分ヲ經過スルト心臟收縮高ハ一時増大スル。此時期ニハ既ニ迷走神經ノ刺激效果ハ著シク減弱シ、30 分—60 分ノ後ニハ卷軸距離ヲ正常閾ヨリ遙ニ短ク 70—50 mm ニ短縮シテ辛ウジテ刺激效果ヲ現ハスノミデアリ、1 時間乃至 2 時間ノ後ニハ、卷軸距離ヲ零ニスルモ最早刺激效果ハ認メ難ク、迷走神經ハ全ク麻痺シテシマフノデアル。之ニ反シ、交感神經ノ刺激ハ心臟ノ收縮高ノ増大シテ居ル時期ニハ其效果ヲ現ハサナイガ、Curare-Ringer 液ノ灌流開始後 2 時間ニ於テ 5 秒間ノ強縮刺激 (R. A. 120—100 mm) ヲ與ヘテ見ルトヨク促進作用ヲ現ハスノデアル。勿論中毒ガ更ニ進メバ刺激強度ヲ増スカ、刺激時間ヲ延長シナケレバ其刺激效果ヲ現ハサナイ。然シ心臟ノ自然搏動ガ殆ンド認メラレナイ時期ニ於テモ尙且ツ刺激效果ガ現ハレル、今 1 例ヲ第 3 圖ニ示サウ。此例ハ灌流液ノ溫度 16°C、刺激ハ毎秒ノ頻度 30 回ノモノヲ 5 秒間加ヘタ。圖中 1 ト 2 トハ夫々迷走及交感神經ヲ R. A. 140 mm デ刺激シタモノデ、刺激效果ノ基準ヲ示ス。3 ハ矢印ニ於テ 1.0 g/l Curare-Ringer 液ニ切換ヘタモノデ、ソレヨリ 2 分後ニ迷走神經ヲ刺激シタ場合デアル。此時期デハ迷走神經ハ明ラカニ其作用ヲ示シテ居ル、然ルニ 5 分及 7 分後ノ迷走神經ノ刺激效果ハ 4 ニ見ル如ク著シク減弱シ、115 分後ノ 5 デハ R. A. 50 mm 及 R. A. 0 デ刺激シテモ迷走神經ノ抑制作用ハ最早認メラレナイ。之ニ反シ、交感神經刺激ハ 5 ノ第 3 刺激ニ見ル如ク 117 分後ニ於テ

第3圖 心臓神経刺激機械曲線



尙 R. A. 120 mm デ
 著明ナ作用ヲ現ハシ
 テ居ル。271 分後ノ
 6 デハ R. A. 50mm
 デ5 秒間交感神経ヲ
 刺激シテモ效果ハ現
 ハレナカツタガ、同
 ジ刺激強度デ 10 秒
 間刺激スルト交感神
 経ノ促進作用ガ認メ
 ラレタ。7 ハ Cur-
 are-Ringer 液ノ灌
 流約 5 時間ニシテ
 心臓ガ自然搏動ヲ全
 ク停止シタ後 Rin-
 ger 液ニ切換ヘ、約
 2 時間後 5 秒間 R.
 A. 120 mm デ迷走及
 交感兩神経ヲ夫々刺
 激スルト刺激效果ガ
 現ハレ心臓ノ中毒カ
 ラ恢復シテ居ルコト
 ガ知ラレル。

**B: 原位心臓ノ
 實驗成績**

本節ノ實驗デハ既
 述ノ如ク心臓ノ中毒
 期ガ大體前後ノ 2 期
 ニ分ケ得ル。從ツテ
 實驗成績ヲ以下 2
 ツニ分ケテ記載シ

ヨウ。

I. 中毒ノ前期 此期間ハ Curare-Ringer 液ノ灌流下ニ心臓ノ自然搏動ガ停止スルマデヲ指ス。此期間ニ於ケル心臓機械及電気曲線ハ Curare ノ濃度ニ準ジ全般ニ觀テ 2 ツノ型ヲ示シタ。

第 1 型ハ Curare ノ濃度ガ比較的高イ 1.0 g/l ノ時ニ現ハレ、機械及電気曲線共ニ比較的单純ナ形ヲ示シタ。即チ中毒ノ初期ニ心臓ノ收縮高ハ一時増大スルガ、ヤガテ其高サハ漸減シ且ツ搏動ハ不整トナリ、又心臓ノ週期ハ漸次延長シ、中毒末期ニ及ンデ遂ニ搏動ノ停止スル型デアアル。一般ニ此期間ニハ電気曲線ト機械曲線トハ略ボ平行シテ消長

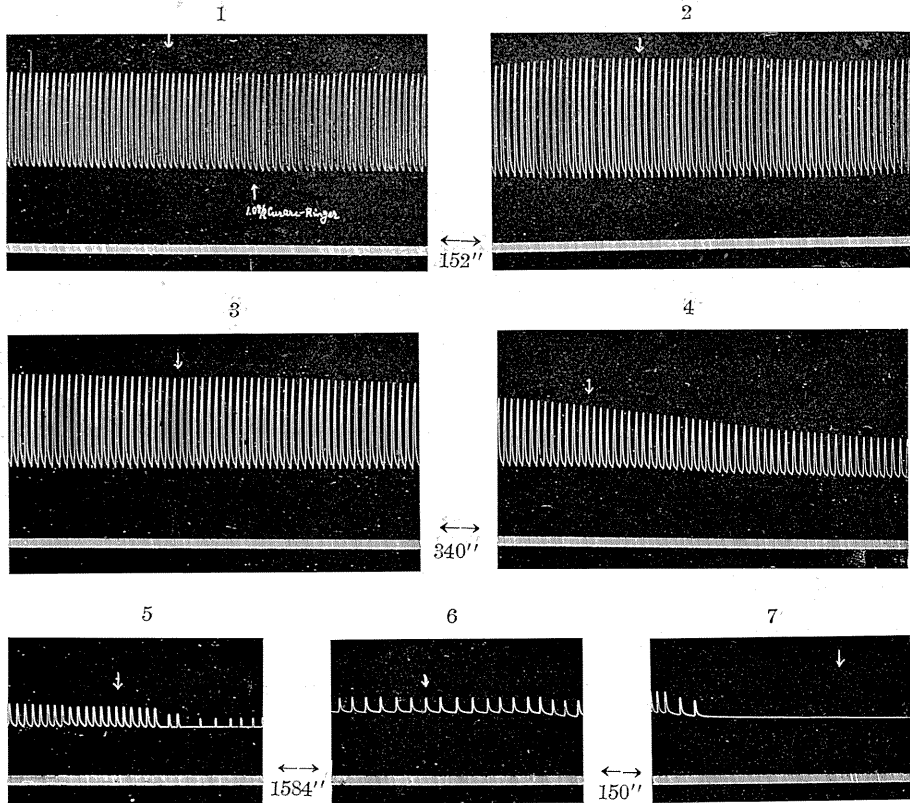
シテ居ル。

第 2 型ハ Curare ノ濃度ガ比較的低ク 0.5 g/l Curare-Ringer 液ノ場合ニ現ハレル。此型デハ中毒ノ初期ニハ第 1 型ト變ハラナイガ、中期ヨリ末期ニ及ビ機械曲線ハ甚ダシク不規則トナリ、時ニハ Cheyne-Stokes ノ呼吸曲線ノ様ナ形ヲシ、又時々期外收縮ガ現ハレル。此型デハ電氣曲線ト機械曲線トハアマリニヨク平行シナイ。殊ニ R 棘ニ色色ノ Zik-Zak ガ現ハレル。

此等兩型ノ實驗例ヲ一々記載スル事ハ煩雜デアルカラ、代表的ナ 1 例ヅツニ就キ稍詳細ニ記述スルコトニスル。

第 4 圖ハ第 1 型ノ心臓機械曲線ヲ、第 5 圖ハ第 4 圖デ矢印ヲ付シタル時點ノ電氣曲線ヲ示ス。兩圖ノ 1 ハ中毒

第 4 圖 第 1 型ノ機械曲線



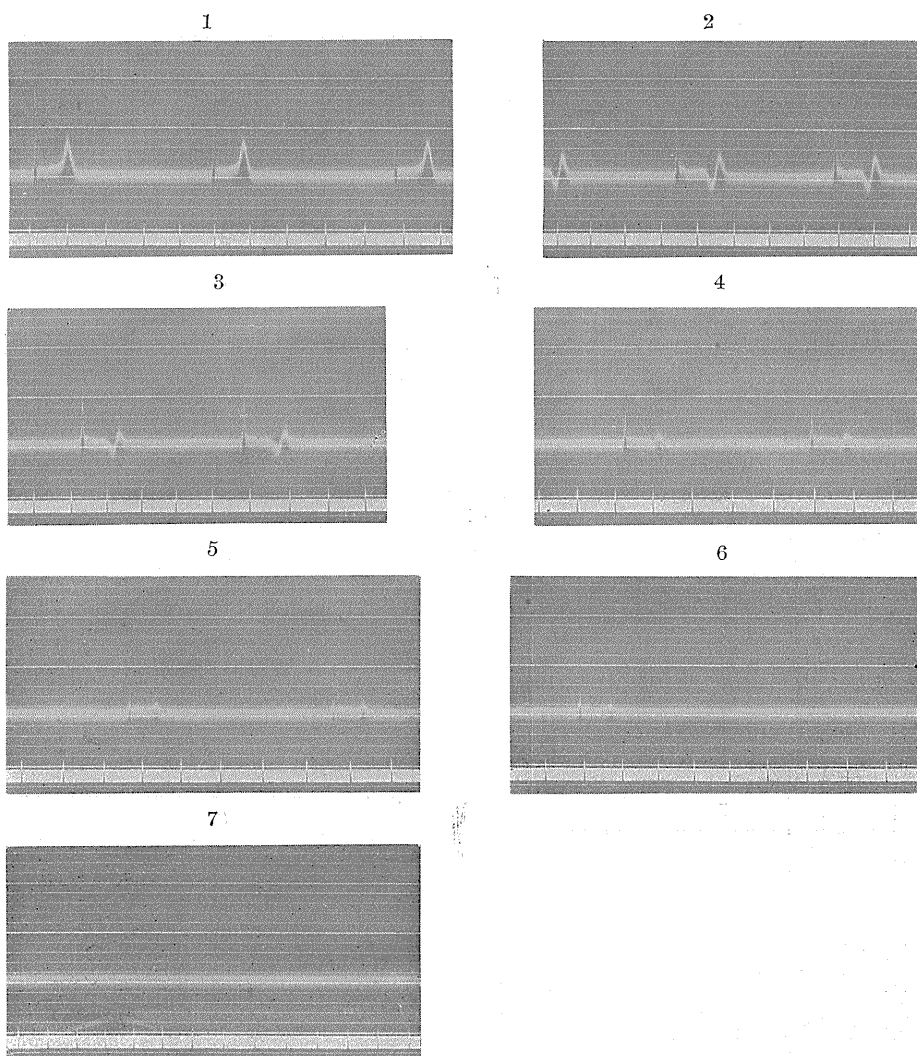
前ニ於ケル機械及電氣曲線ヲ示ス。電氣曲線ハ中毒ニ因ル變化ヲ考察スルノニ便宜ナヤウニ心室基底部ト心尖部トヨリ誘導シタ。從ツテ曲線ハ心室複合ノミヲ示シテキル。

此等ノ圖ヲ 2, 3, 4, 5 ト順ヲ追ツテ觀察スレバ 5 デハ竇房間ノ Block ガ認メラレル。更ニ中毒ガ進行シタ 6, 7 デハ室ノ收縮ガ著シク小サクナリ、遂ニ心室ハ擴張性静止状態トナツテシマウ。夫等ニ於テ電氣曲線ハ大體機械曲線ニ平行シテ消長シテキル。即チ機械曲線上心收縮高ノ増大スル時期デハ電氣曲線ノ R 棘ガ大キクナリ、T 棘ハ前相ガ陰性方向ニ向ツタ 2 相性ヲ示シテキル。尙 S 棘ニ相當スル所ニ輕度ノ Zik-Zak ガ認メラレル。心收縮ガ小サクナルニ從ツテ電氣曲線ノ各棘モ小サクナリ、心室ノ搏動ガ全ク停止シタ 7 デハ全ク電氣變化モ認メナイ。

尙多クノ實驗例中ニハ R 棘ニ輕度ノ Zik-Zak ガ現ハレ、期外ノ興奮ガ加ハル事ヲ示シ、又 T 棘ノ逆轉スルモノモアツタ。

次ニ第 2 型ノ代表例ヲ第 6 圖及第 7 圖ニ示サウ。此例ハ 0.5 g/l Curare-Ringer 液ヲ灌流シタモノデアル。第

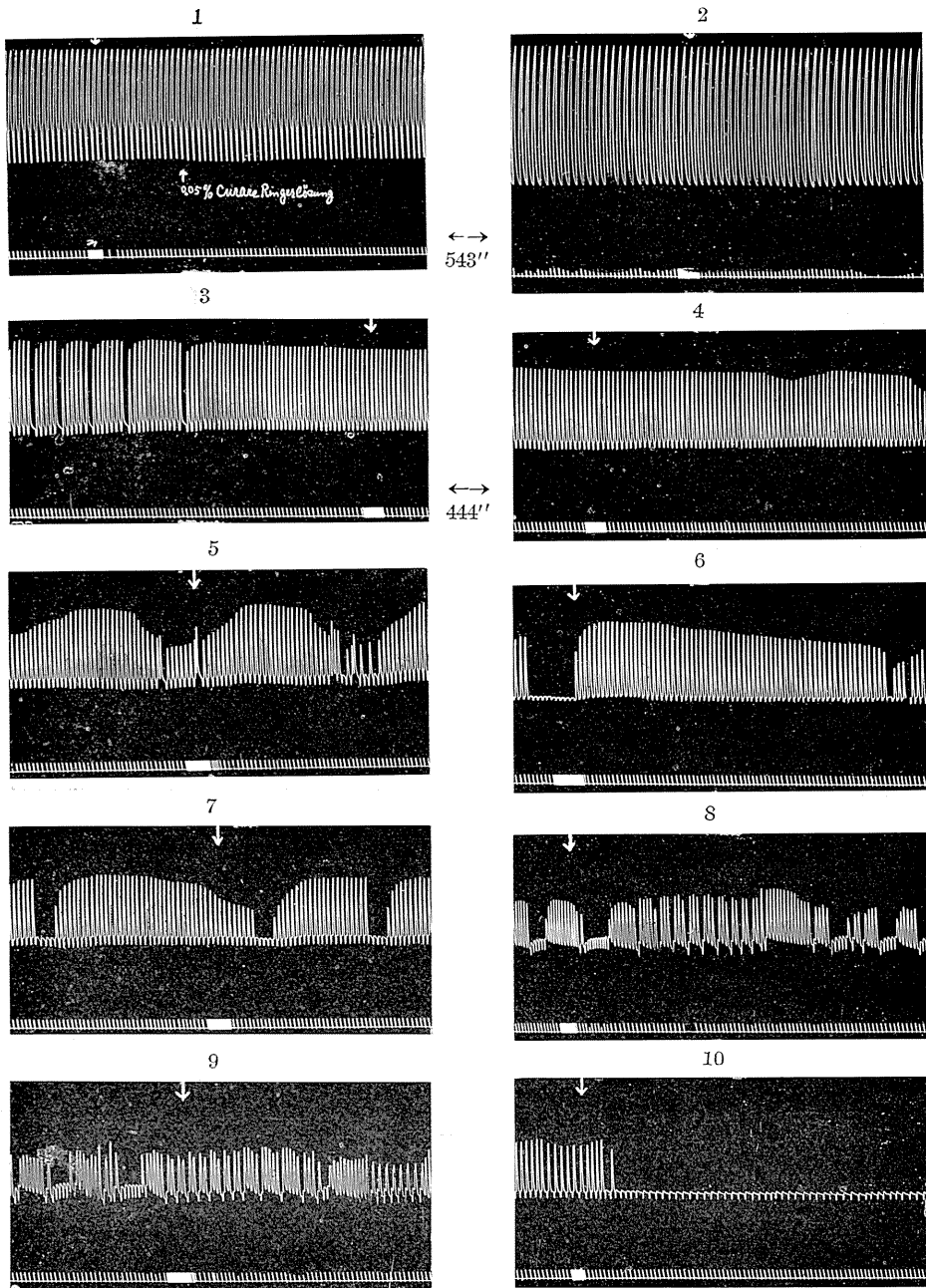
第 5 圖 第 4 圖ニ相當スル電氣曲線



6 圖及第 7 圖ノ I ヨリ 10 マデハ夫々描寫時間ガ相對應ス。但シ此電氣曲線ハ心室ノ電氣變化ノミヲ示シテ居ル
 先ヅ全般的ニ觀テ此型ノ特徴タル 機械及電氣曲線ノ 不平行ガ認メラレル。機械曲線ノ方ハ中毒ノ初期ニハ第 1 型
 ト同ジク心收縮高ガ一時増大シ、次デ再ビ漸減シ、不整ニナリ、竇房間ノ Block ガ認メラレルガ、中毒ガ進メバ週
 期的ナ收縮ノ増減ガ見ラレル。而シテ收縮ノ小サクナル時期ニハ期外收縮或ハ房室間ノ Block ガ現ハレ、中毒ガ更
 ニ進行スレバ、心室ハ一時搏動ヲ停止シ、場合ニヨリ再ビ搏動ヲ始メル。然シ遂ニ心室ハ其搏動ヲ全ク停止スル。
 次ニ電氣曲線ヲ觀ルニ、心收縮高ノ増大期ニ T 棘ガ著シク増大シ、心收縮高ノ減少期ニハ S 棘ガ深クナリ、恰
 モ R 棘ガ 2 相性トナツタ如クニナル。S 棘ハ更ニ其深サヲ増シ、R 棘ノ上昇ハ緩慢トナル。又期外收縮ノ現ハレ
 ル場合ニハ電氣曲線ニモ明カニ期外收縮ノ陰性波ガ認メラレル。中毒ガ更ニ進メバ R 棘ハ全ク逆轉シ、陰性變化ハ
 著シク緩慢トナル。心收縮ガ小トナルト共ニ T 棘モ亦甚シク小トナル。圖中 10 ニ於テ機械曲線ニ尙心收縮ノ認メ
 ラレル間ハ電氣曲線ノ R 及 T 棘ハ共ニ 2 相性ニ現ハレテ居ル。

尙他ノ實驗例ニ於テ R 棘ニ著シイ Zik-Zak ガ現ハレ、或ハ T 棘ノ逆轉等ガ認メラレタ。

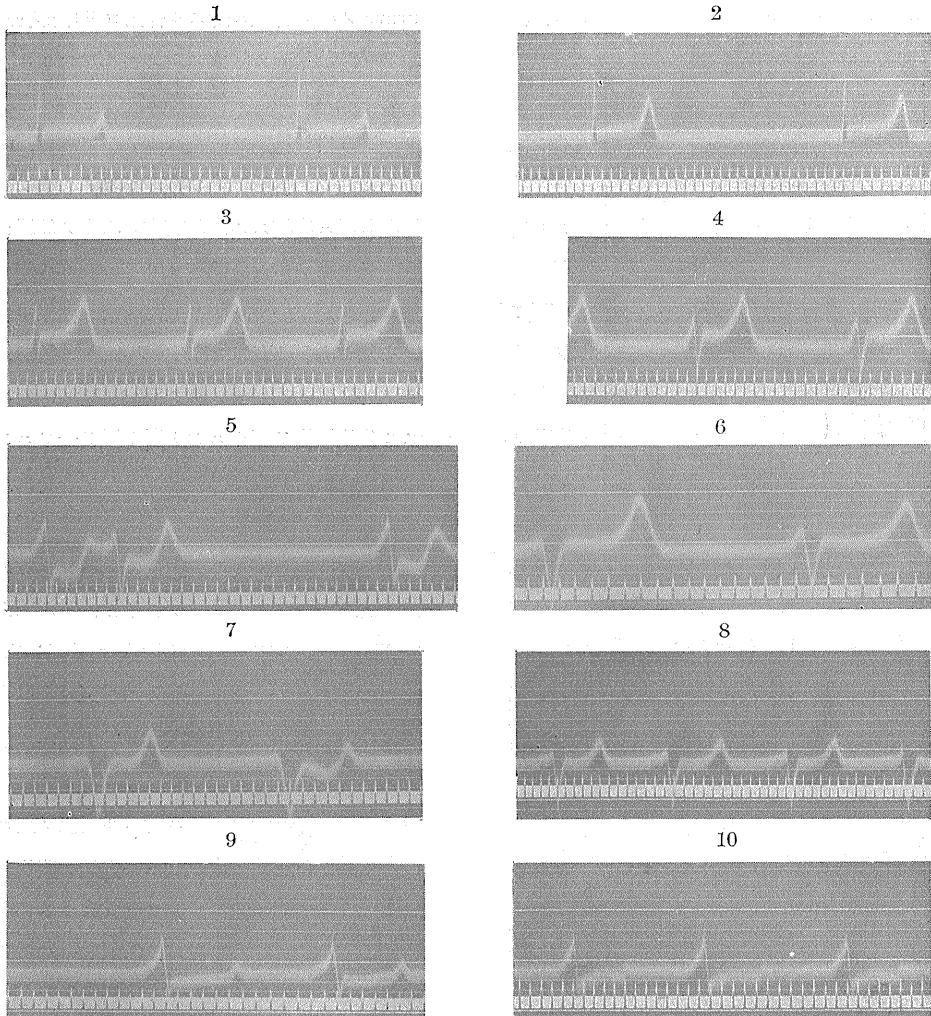
第 6 圖 第 2 型ノ 機 械 曲 線



更ニ興味アル事ハ機械曲線ト電気曲線トヲ同時ニ同一畫面上ニ描寫シタ實驗例ニ於テ、正常時ニハ室收縮ハ電気曲線ノ T 棘ト同時的デアルガ、中毒ノ或時期ニ於テ心收縮ガ曲線上ニ現ハレテ居 ナイニモ拘ラズ電気曲線ニカナリ大キキナ變化ガ認めラレ、EC 併行（收縮ト陰性變動ノ平行）ニ反スルガ如キ例ヲ示シタ。第 8 圖ハ此 1 例ヲ示ス。1 ハ正常時、2 ハ Curare-Ringer 液ノ灌流開始後 115 分後ノ機械及電気曲線デアル。

II. 中毒ノ後期 此期間ハ心臟ガ Curare ニ中毒シテ全ク自然搏動ヲ停止シタ以後ヲ指ス。此期間ニ直接心室ヲ刺

第7圖 第6圖ニ相當スル電氣曲線



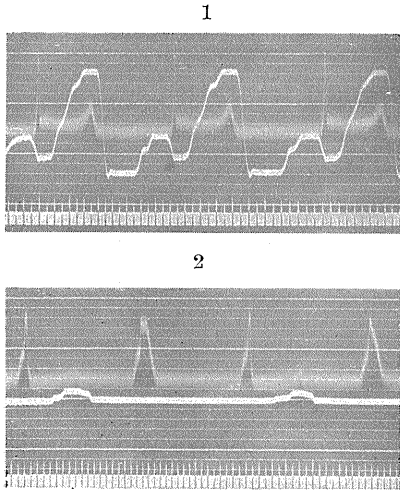
激スルト心臓ハ尙應答スル。例ヘバ毎分 24—25 回ノ開放感應電撃系列ヲ心筋ニ直接與ヘルト 30—60 分間心室ハ搏動ヲ持續シ、刺激ノ當初ニハ室收縮ハ階梯狀ニ増大シ、其後收縮高ハ暫時略一定ノ高サデアルガ、漸次小サクナツテ遂ニハ全く刺激ニ反應シナクナル。勿論中毒ノ進行ト共ニ刺激ニ對スル反應ハ少クナリ又不規則ニナル。此點ハ電氣曲線ニ現ハルルトコロモ略同ジデ、中毒ノ進行ト共ニ不規則トナリ、電氣變化ガ非常ニ緩慢ニナル。

第 9 圖ハ此間ノ機械曲線ノ 1 例ヲ示シ、第 10 圖ハ第 9 圖ノ 1 ヨリ 6 マデノ矢印ヲ附シタル時點ニ於ケル電氣曲線ヲ示ス。此例ハ 0.75 g/l Curare-Ringer 液ヲ灌流シテ約 5 時間ヲ經テ自然搏動ヲ全く停止シタル後毎分 24 回ノ開放感應電撃系列ヲ心室ニ直接與ヘタ場合デ、約 50 分ニシテ全く被刺激性ヲ失ツタ。

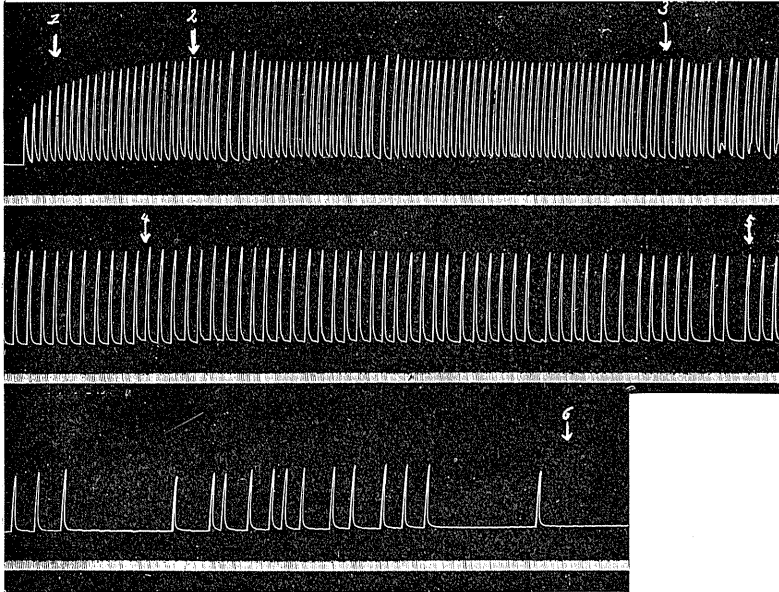
IV. 實驗結果ニ對スル考察

Curare ノ蕞心臓ニ對スル作用ヲ心臓神經ニ連關シテ考察スルニ中毒ノ初期ニ於テ迷走神經ヲ麻痺スル點ハ從來ノ業績ヲ確認シ得タ。然シ交感神經ニ關シテハ、心臓ガ自然搏動ヲ持續スル限り、中毒ノ進行ト共ニ多少刺激ヲ増スカ或ハ刺激ノ持續時間ヲ延長スレバ確ニ刺激效果ヲ現ハシタ。從ツテ Curare ガ交感神經ニ對シ無作用デアルト謂ヒ得

第 8 圖 同一畫面上 = 描寫シタ
機械及電氣曲線



第 9 圖 人為刺激ヲ與ヘタル時ノ心臓機械曲線



ルヤ否ヤハ此實驗ノ限リデハ嚴密ニハ決定シ難ク思ハレル。

上述ノ如キ Curare ノ心臟神經ニ對スル作用ヨリ中毒初期ニ於テ心臟機械曲線系列中ニ一時收縮高ガ増大スルノハ Curare ニ因ル迷走神經ノ麻痺ニ基クモノト思ハレル。其後中毒ノ進行ト共ニ心收縮高ハ減少シ又ニ不整トナリ、遂ニ自然搏動ヲ停止スルノデアアルガ、中毒後期ノ實驗成績ヨリ明カナル如ク、自然搏動ヲ停止シタ後心室ヲ直接ニ刺激スル時ハ尙一定期間刺激ニ應答スル。此事實ハ心室ノ筋機ガ未ダ充分侵サレテ居ナイ事ヲ示スモノデ、此事實ヨリ Curare ハ先ヅ心臟ノ神經機ヲ侵害シ、然ル後筋機ヲ侵スモノト見做ス事ガ出來ル。此點余等ノ教室ニ於テ曩ニ小柴ガ心臟麻酔ノ研究 (7 411) ニ於テ、又清水ガ心筋ニ對スル一沃度醋酸ノ作用ニ就テノ研究 (12 121) ニ於テ諸種藥物ノ心臟ニ對スル作用機構ヲ明カニシタ所ト機ヲツニスルモノデアアル。

更ニ Curare ノ濃度ニ因リ其中毒症狀ニ如何ニシテ第 1 型ト第 2

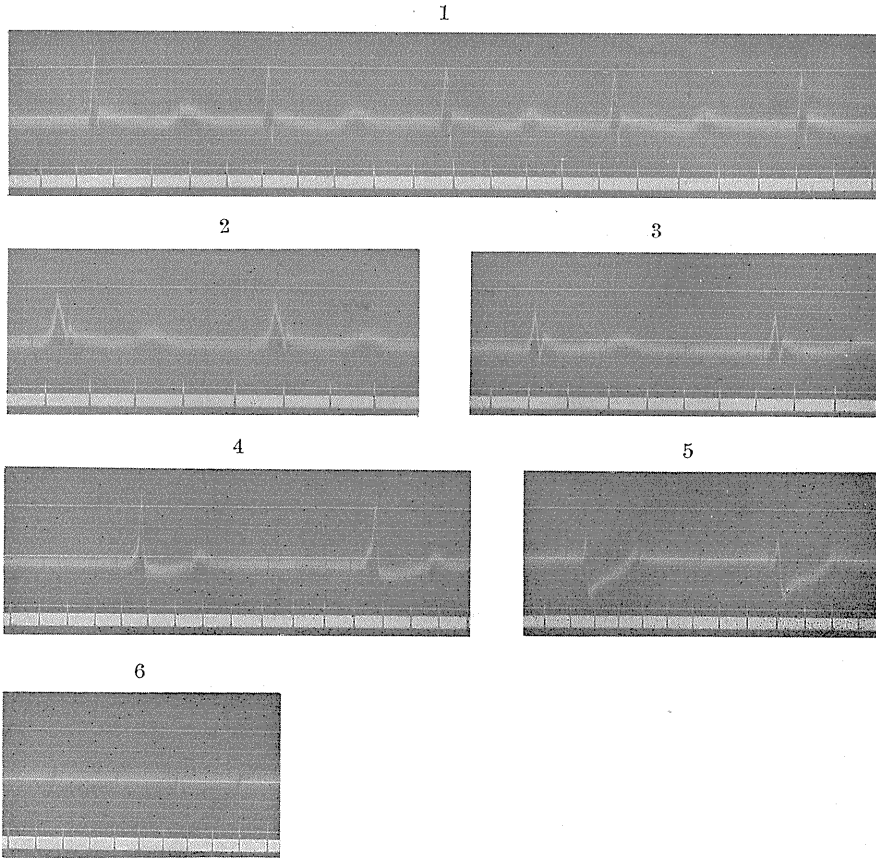
型トガ現ハレタカハ充分明カデナイガ、Goldenberg, Gottedtner 及 Rothberger (5 423) ガ犬心臟ノ Purkinje 纖維ニ就テ謂ヘル如ク、刺激傳導系ノ色々ノ纖維群ガ刺激ニ對スル閾値ヲ異ニスルカ、或ハ一定量ノ藥物ニ對シテ感度ヲ異ニスルト考ヘルナラバ、Curare ノ或濃度ニ於テ種々ノ異處の興奮ガ起リ、第 1 型ト第 2 型トノ相異ノ生ズル事モ一應ハ理解サレルカト思フ。

次ニ機械曲線ト電氣曲線ト

ヲ比較對照スルニ兩者ハ必ズシモ平行シテ居ナカツタ。元來機械の現象ト電氣の現象トノ間ノ關係ニ就テハ古クヨリ論議サレ、或ハ兩者ノ間ニ平行關係ナシト謂ヒ (8 188) (15 6) (3 369) (13 136)、或ハ兩者ハ平行シテ消長スルト稱シ (1 185) (4 174) (2 305)、未ダ定説ヲ見ナイ。由ツテ余ノ實驗ニ於ケル兩者ノ分離現象ニ就テハ未ダ充分ノ説明ヲ與ヘナイ。

然シ中毒ノ或時期ニ心收縮ハナクシテ電氣變化ノミヲ示メス事實ハ余等ノ教室ノ清水ガ曩ニ R 棘及 T 棘ガ心室ニ於ケル刺激傳導系ノ變化ト固有心筋ノ收縮過程ノ 2 ツニ分ケテ考ヘル方ガ時間的ニモ好都合デアアル (11 16) ト云ツテ居ル事ト併セ考ヘテ興味アルコトデアアル。イヅレニシテモ此等ノ諸點ニ就テノ充分ナル説明ハ今後ノ研究ニ俟タナケレバナラナイ。

第 10 圖 第 9 圖ノ矢印ニ相當スル電氣曲線



Ⅴ. 摘 要

1. Curare ノ墓心臓ニ對スル作用ヲ究明スルタメ Curare-Ringer 液ヲ墓心ヲ灌流シ、中毒ノ經過ニ於ケル心臓機械曲線ト電氣曲線ヲ描寫シ、別ニ心臓ニ至ル迷走神經、交感神經ヲ別々ニ刺激シ其刺激效果ヲモ觀察シタ。

2. 心臓ノ Curare 中毒ニ於テハ心臓麻酔ニ於ケルト同ジク、先ヅ心臓ノ神經機ガ麻酔シ、然ル後筋機ガ侵害サレル。

3. 中毒ノ經過ニ於テ迷走神經ト交感神經ニ對スル Curare 作用ヲ見ルニ迷走神經ハ從來云ハレテ居ル如ク交感神經ヨリモ早ク麻酔シタ。

4. 心臓ノ Curare 中毒ニ於テハ原因不明デアアルカ機械曲線ト電氣曲線トガ平行ニ行カナイコトガアル。

5. 心臓ノ Curare 中毒ニ於ケル態度ハ Curare ノ濃度ニヨリ相違ガアリ、1.0 g/l Curare-Ringer 液デハ機械及電氣曲線ハ比較的單純ナ變化ヲ示シ、0.5 g/l デハ變化ハ複雑不規則トナル。

摺筆ニ際シ浦本教授ノ懇篤ナル校閲ヲ深謝ス。

文 獻

- 1) Arbeiter, W. C. A. (1920) Arch. néerl. de. Physiol. 5
- 2) Ashman, R. and Hafkesbring (1928) Amer. J. Physiol. 87
- 3) Bertha, H. (1929) Z. Biol. 88

- 4) Einthoven, W. u. H. Hungenholtz (1920) Arch. néerl. de Physiol. 5
- 5) Goldenberg, M., F. Gottdenker, u. C. J. Rothberger (1936) Pflügers Arch. f. ges. Physiol. 237
- 6) 長谷川鎮一郎 (1934) 東京女醫學會雜誌 4
- 7) 小柴健治郎 (1934) 東京慈惠會醫科大學生理學教室論文集 III
- 8) Mines, G. R. (1913) J. Physiol. 46
- 9) Nikolski, Wl. u. Joh. Dogiel(1890) Pflügers Arch. f. ges. Physiol. 47
- 10) Poulsson, E. (1930) Lehrb. der Pharmakol.
- 11) 清水茂彌 (1936) 日本生理學雜誌 1
- 12) 清水茂彌 (1936) 日本生理學雜誌 1
- 13) 成周英 (1938) 第 17 回大日本生理學會演說要旨
- 14) 浦本政三郎 (1937) 描寫實驗法 (生物學實驗法講座)
- 15) Wilingen (1926) On des Physiol. Lab. Univ. Utrecht. 6
- 16) 山口周正 (1937) 日本生理學雜誌 2

筋ノ強サ——期間——曲線 612. 816. 1.

東京帝國大學生理學教室

本林 富士郎

I. 序

Du-Bois Reymond (2) = 初マル電氣刺激ト興奮トノ間ノ規則性ノ研究ハ、A. Fick (1863) (3) = ヨリ、刺激期間ノ短縮ハ刺激強度ノ閾値ノ増加ヲ來スコトガ唱ヘラレテ以來、多數ノ研究者ニヨツテ取上ゲラレタ問題デアル (Brücke, Engelmann, Nernst, Hoorweg, G. Weiss, A. V. Hill, Gildemeister, Lapique, Lucas 等). コレ等ノ研究ハ、主トシテ筋ノ所謂最小攣縮ヲ目標トシテ、刺激電流 (壓) ノ強サト利用時トノ間ノ規則性ヲ檢索シタモノ、即チ強サ一期間—曲線 (i-t- 曲線) ノ追跡ヲ行ツタモノデ、電氣刺激 = ヨル興奮法則樹立ノ根本 = 觸レテ居ル研究デアルト考ヘラレル。

初メコノ強サ一期間—曲線ノ形ハ、大體 = 於テ双曲線的デアリ、且ツソノ経過ハ滑カデ、全體トシテ單一ノ曲線ヲナスモノト看做サレテ居ツタガ、K. Lucas (8) ガ蛙ノ骨骼筋ヲ追究シタ所 = 由レバ (1906—1907)、曲線ハ 3 段階 = 區分サレ、夫々 3 種ノ被刺激形體、即チ神經、筋及シナプス (Synapse) = 對應スルト云フ。其後 Davis (1), Watts (13), Rushton (9) 等モ同様ナ結果ヲ報告シタガ、同ジ頃 = 行ハレタ神中・東 (6) ノ研究デハ、刺激時間ヲ更ニ延長スレバ、斯ル階段ガ 10 以上モ出來ル場合ガアツテ、3 ツノ曲線階段ガ夫々ノ被刺激形體 = 對應スルト云フ Lucas (8) ノ考ヘニハ、疑ヒガ挾マレル。最近、和合・若林 (12) (單一筋纖維)、井原 (5) (心筋片) ノ研究 = 由レバ、i-t- 曲線 = ハ數個ノ折目ガ出來ルガ、コノ場合同時 = 各刺激時點 = 於ケル基流 (i_r) ヲ測定シテ、i/i_r-t- 曲線ヲ作製スレバ、曲線ハ滑カナ経過ヲ取ルト云フ、興味アル事實ガ認メラレタ。

本研究ハ Lucas (8)、神中・東 (6) 其他ノ諸先輩ガ階段ノ曲線ヲ得タ材料、即チ蛙ノ骨骼筋ヲ、所謂直角電流ヲ刺激シテ、i/i_r-t- 曲線ヲ追究シタモノデアル。

II. 實驗裝置及方法

強サ一期間—曲線ノ追跡ニハ、裝置・方法 = 付テ充分ナ顧慮ヲ必要トスルカラ、比較ノ詳細 = 記載スルコトニスル。

A. 抵抗ノ配列

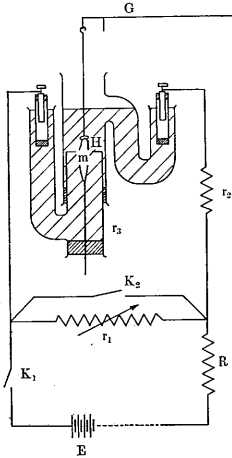
或時間持續スル直角ナ刺激電流ヲ得ル方法トシテ、普通行ハレル分路開放續イテ主路切斷ノ方法ヲ採用シ、電源・抵抗・電流斷流器及被刺激形體等ヲ第 1 圖ノ様 = 配列シタ。用ヒタ抵抗器ハ、何レモ拔山式無誘導、無容量ノ抵抗箱デアル。第 1 圖中 K₁、K₂ ハ夫々分路及主路 = 搜入サレタ電流斷流器ノ電鍵ヲ示ス。各電鍵ノ閉鎖時 = 於ケル電氣抵抗ハ、Kelvin 橋ヲ以テ時々測定シタガ、常 = 0.01 Ω 以下デアツタ。

R ハ 2000 乃至 10000 Ω デ、此値ハ r₁ ヲ凡ソ 300 Ω トスルトキ、大體基流ガ得ラレル様 = 選バレタモノデアル。R ハ 1 實驗中ハ大抵一定トシタガ、極メテ強イ電流ヲ要スル場合ニハ、r₁ ノ増加ト共ニ R ヲ減少シテ目的ヲ達シタ。

r₁ ハ可變デ、之ヲ 300 乃至 50000 Ω 間 = 變ヘテ、刺激強度ヲ加減シタ。

r₂ ハ刺激回路ノ直列抵抗 (0 乃至 20000 Ω) デアツテ、其目的ハ所要刺激電流ガ非常ニ弱イ様ナ場合、即チ筋周圍ノ電流分路トシテ作用スル Ringer 液ヲ除イテ、空氣層ヲ添入シ、コノ上下ヲ筋デ橋渡シタ状態デ、刺激スル様ナ場合 = モ、r₁ ヲ 300 Ω 以下ニシナイ爲デアル。

第 1 圖
H: 筋通過ノ穴



m: 筋
G: 横杆
E: 電源 12 V
K₁, K₂: Contact
R, r₁, r₂, r₃: 直流抵抗機

r_3 ハ兩刺激電極間ノ電氣抵抗デ、其値ハ 2400~3700 Ω 、多クハ 3000 Ω 内外デアツタ。此値ハ曲線追跡終了後、毎秒約 1000 及 3000 回ノ交流ヲ用ヒテ、Wheatstone 橋及受話器ヲ以テ測定シタモノデアル。コノ測定値ハ本實驗中デ最モ不確實ト思ハレルモノデ、之ヲ以テ直チニ該部ノ直流抵抗値トハ見做シ難イガ、本實驗ニ於ケル裝置デハ、筋ノ周圍ニ抵抗ノ小サイ Ringer 液ノ分路ガアルタメカ、測定サレル抵抗値ハ大體電極ノ Gelatine 層ノ抵抗デアリ、且ツ本實驗デハ i/i_r ヲ強度因子トシテ採用シタカラ、 r_3 ノ些少ノ不正確ハ、誤差範圍ニ入ル影響ヲ來スニ過ギナイト考ヘラレル。

尙 K_1 閉鎖ノ状態ニ於テモ、 K_1 ノ抵抗ガ零デナイ限り、刺激回路ニハ幾分ノ電流ガ流レル筈デアル。併シ實際ニハ K_1 ノ抵抗ハ、前述ノ如ク 0.01 Ω 以下デアリ、 r_1 ハ最小 300 Ω ニ選ンダカラ、該電流ハ基流ノ 10^{-5} 倍ノ程度ノモノデ、無視出來ルト考ヘル。尙刺激電流ノ形ガ直角デアルコトハ、Oscillogramm ニ由ツテ確メタ。

B. 電 流 斷 流 器

1. 橋田式 Rotatorium 神中・東(6), 和合・若林(12), 井原(5)等ガ使用シタ Spring rotatorium デアツテ、比較的長イ刺激時間ヲ選擇スルノニ便利デアル。

本實驗中、基流ノ測定ハ、同器ノ K_1 開放ヨリ K_2 開放迄ノ時隔ヲ、700 又ハ 1000 msec ニ固定シタ状態デ行ツタ。

2. Lucas 振子 0.2 乃至 230 msec ノ比較的短イ刺激時間ヲ得ルタメニ、Lucas 振子ヲ選ンダ。但シ其電鍵ノ構造ヲ、橋田式ニ改造シテ使用シタ(神中・東(6)論文参照)。

C. 時 間 ノ 測 定

刺激電流ノ持續時間、即チ K_1 開放ヨリ K_2 開放迄ノ時間ヲ、兩電鍵ノ種々ナル位置ニ於テ測定シタ。Lucas 振子ノ目盛 10 (約 8 msec) カラ 155 (230 msec) 迄、及橋田式 Rotatorium ニ就テハ、寫眞記録ノ方法ニ據ツタ。即チ K_1 , K_2 ノ接次的開放ニ由テ流レル電流、及 Cambridge 製眞空管音叉 (Valve-maintained tuning-fork, 1000 Hertz) ノ振動ヲ、Siemens 製 Oscillograph ヲ用ヒテ同時ニ撮影シ、後者ヲ標準トシテ前者ヲ 0.1 msec 迄測定シタ。Lucas 振子ノ目盛 0.2 (約 1.6 msec) 乃至 30 (24.4 msec) 迄ニ對シテハ、蓄電板ノ部分放電ヲ利用シテ、Klopsteg ノ方法デ測定シ、又振子目盛ノ零點ハ v. Kries ノ方法デ決メタ。從テ 10 乃至 30 目盛間ハ、兩方法デ時間測定ヲ行ツタコトニナル。尙兩方法ハ何レモ和合・若林(12)ノ論文ニ委シク記載サレタモノト類似ノ方法デアルカラ、茲ニハ記載ヲ省略スル。

本實驗施行 5 ヶ月間ニ、如上ノ時間測定ヲ、實驗開始前、中頃、及ビ終了後ノ 3 回行ツタ。測定ハ Lucas 振子ノ 23 乃至 28 個所ニ就テ行ツタガ、其結果ハ零點ノ移動ニ由ル誤差ヲ補正スレバ、何レモ 1% 以下ノ變動ヲ見タニ過ギナカッタ。但シ目盛 155 ノ部ダケハ最大 4% ノ變動ヲ示シタガ、コノ部ハ振子ガ將ニ停止セントスル直前ニ位シ、振子ハ極メテ緩カニ動クカラ、變動ガ大キイノデアラウト思ハレル。

D. 刺 激 電 極

Lucas(8), 神中・東(6), 砂田(11), 井原(5)等ノ使ツタモノト類似ノ(第 1 圖参照) Zn-ZnSO₄-Gelatine-Ringer 一電極デアル。Gelatine 部ハ、作ツテカラ 24 時間以上 Ringer 液内ニ浸シタモノヲ、實驗毎ニ取換ヘ、Zn 棒ハ使用後兩極ヲ金屬ニ連結シテ、飽和硫酸亞鉛溶液内ニ翌日迄放置シタ。之ニ由リ兩極間ノ電位差ヲ消失サセルコト

が出來タ。

筋ヲ大體 2 部分ニ區分スル隔壁、即チ第 1 圖 H 部 (此部デ刺激ガ行ハレルト考ヘラレル) ハ、寫眞 Film 用 Celluloid デ作製シ、之ヲ松脂ト黄蠟トヲ混ゼタ粘着劑デ、硝子壁ニ密着サセタ。

如上ノ刺激電極ガ、實驗範圍内ニ於テ、刺激電流ヲ變形シナイコトハ、コレ亦 Oscillograph デ確メタ。

E. 示標變縮及其觀察

刺激效果ノ示標トシテ、成ル可ク小サイ變縮ヲ觀察センガタメニ、次ノ方法ヲ取ツタ。即チ筋ノ一端ヲ固定シ、他端ヲ直徑約 0.1 mm ノ細イ硝子棒ニ結付ケ、之ヲ槓杆ノ短臂ニ結ブ。槓杆ハ直徑約 0.5 mm 位ノ肉薄ノ硝子管ヲ、短臂部端ノ約 1 cm ヲ殘シテ數 μ ノ太サノ毛細管ニ引延シタモノデ、全體ノ重サ 0.06 乃至 0.07 g、長サ 15 乃至 20 cm、之ヲ固定サレタ安全剃刀ノ刃ノ上ニ直角ニ乗セテ、後者ヲ支點トシ運動サセ、長臂ノ尖端ニ光束ヲ當テテ、該部ノ運動ヲ約 30 倍ニ擴大シテ觀察シタ。此際槓杆ニヨル擴大ヲ約 20 倍ニスレバ、筋ノ 1μ ノ短縮ハ確實ニ辨別出來ル。尙毎回筋ノ一定部位ガ刺激サレル様ニスルタメニハ、筋ノ位置、從テ槓杆ノ尖端ガ、變縮ノ後同一位置ニ復歸スル様ニスルコトガ肝要デアリ。其爲ニハ筋ヲ伸展スルニ適當ナ負荷ガ必要デアルガ、負荷ガ強過ギルト、極メテ小サイ變縮ハ、負荷ノ重力ニ打勝ツテ槓杆ヲ動カシ得ナイ。ソレ故本實驗ニ於テハ、所要ノ條件ヲ満足スル限リニ於テ、出來ルダケ輕イ負荷即チ約 20 mg 内外デ、筋ヲ適當ニ伸展出來ル様ニ支點ノ位置ヲ決メタ。

F. 實驗材料

大部分ハ蛙ノ縫匠筋ヲ、一部ハ背皮筋ヲ使ツタ。縫匠筋ノ場合ニハ、通常ノ術式ニ從テ蛙ノ恥骨縫合切斷ヲ行ヒ、Ringer 液デ濕シナガラ、必要ダケノ腿端又ハ皮膚片ヲ付ケテ切出シタモノヲ、Ringer 液槽ノ中デ、双眼擴大鏡ノ助ケヲ借リテ、骨端及腱又ハ皮膚端ニ縫針ヲ以テ穴ヲアケ、絹絲デ硝子棒 (槓杆ノ短臂ニ連結スルモノ) ニ連結スル。大切ナコトハ、電極内ニ筋ヲ垂シタトキ、ソノ左右兩縁ガ同ジ緊張度ニ張ラレルコトデアルガ (後述)、ソノタメニハ骨端又ハ皮膚端ニ開ケル穴ノ位置ヲ適當ニ選ブコトガ大切デアリ。又縫匠筋ノ恥骨端附着部ニ於ケル筋纖維ノ損傷ノ有無ハ、肉眼デハ辨別困難デアルカラ、顯微鏡又ハ擴大鏡ヲ確メネバナラス。

G. 刺激方法

刺激間隔ハ常ニ嚴格ニ每 30 秒トシ、決定サル可キ閾値ノ正確度ハ約 0.5% (基流値ノ場合ハ出來レバ 0.2%) ヲ標準トシタ。即チ約 0.5% ノ電流ノ加減デ、槓杆尖端ノ動キガ起ルカ起ラナイカヲ目標トシテ、閾値ヲ決メタ。閾値決定ニ際シ、弱イ電流ヲ段々ニ増シテ得ラレル値ト、反對ニ強イ電流ヲ次第ニ減ジテ得ラレル値トハ互ニ喰違ヒ、hysteresis 様ノ現象ガ認めラレルコトガ多イ。此現象ハ特ニ筋ノ負荷ガ適當デナイ場合ニ著シク、シカモ得ラレル閾値ハ測定ノ度毎ニ變動シテ、甚ダ不安定デアリ。コノコトハ刺激間隔ガ 30 秒デハ猶短カ過ギルニ由ルノデハナイカトモ考ヘラレルガ、刺激間隔ヲ之以上長クスルト、1 列ノ實驗ノ完了ニ要スル時間ガ長クナリ、筋ノ平衡状態ニ變化ヲ來ス恐レガ多イノデ、30 秒間隔ハソノママトシテ、閾値決定ノタメノ刺激電流ヲ、出來ルダケ強弱交互ニ通ジ、上下カラ挟ミナガラ閾値ヲ決メタ。コノ方法デハ數回繰返シテモ一定ノ値ガ得ラレル。

i/i_r 曲線ノ i_r (基流値) ハ、或刺激時間ニ對スル閾値決定ノ前後ニ求メルノデアルガ、コノ兩基流値ニ 1% 以上ノ差ガアルトキハ、改メテ同ジ刺激時間ニ對スル i 及 i_r ヲ求メ、 i 測定ノ前後ニ於テ、 i_r ノ變動ガ 1% 以下デアル様ナ場合ノミヲ採用スルコトニシタ。

H. 季節及溫度

夏季ハ實驗ニ不適當デアルト云ハレルノデ、1935 年ノ 11 月カラ翌年ノ 4 月迄ニ大部分ノ實驗ヲ行ヒ、一部ヲ 1937 年ノ冬期ニ行ツタ。コノ時期ニハ蛙ハ冬眠シテ居ルガ、ソレヲ 3 乃至 24 時間室溫水中ニ置イタ後使用シタ。

室溫ノ變動範圍ハ 14.5° — 22° C デアツタガ、大部分ハ 16° 乃至 18° C デアリ、1 實驗中ノ變動ガ 1° C ヲ越エタコ

トハナカツタ。

III. 實 驗 成 績

A. 攣縮示標ノ變化

所謂最小攣縮ノ示標トシテ、凡ソ 1μ ノ筋攣縮ニ對應スル槓杆ノ動キヲ採用シタ。更ニ小サイ攣縮ガ認メラレルコトモアルガ、本装置デハカカル極小攣縮ノ起否ハ判然トハ識別サレ得ナイ。コノ様ナ場合ニハ更ニ暫時放置シテ後刺激ヲ始メルト、大抵ノ場合 1μ 以下ノ攣縮ハ見エナクナツタ。換言スレバ、筋ハ切出シテカラ Ringer 液ニ浸シテオク間ニ、小サイ攣縮ハ段々見エナクナルラシイ。又筋ノ生理的横断面ノ小サイ部、即チ背皮筋又ハ縫匠筋ノ臑端ヲ刺激スル様ナ場合ニ、數 μ 程度ノ小攣縮ガ見エナイデ、最初カラ 15μ 位ノモノガ現ハレルコトモ屢々アツタ。此等ノ現象ニ就テハ後ニ再ビ觸レルデアラウ。

今刺激時間ノ長イ方カラ短カイ方ヘ(刺激電流ニ付イテ言ヘバ弱電流カラ強電流ヘ)、段々ト實驗ヲ進メテ行クト、或點デ突然攣縮ノ大キサガ數倍ニ増シ(約 15μ)、刺激時間ガ更ニ短カクナルト、更ニ數倍(30乃至 50μ)ニナリ、遂ニ 1mm 程度ノ攣縮ガ現出スル様ニナル。此際大キサノ變化ニ伴ツテ潜伏時及攣縮ノ速サモ早クナル様ニ思ハレル。(但シ此様ナ場合ニモ、極メテ稀デハアルガ、時ニ微小攣縮ノ見ラレタコトモアル。恐ラク刺激電流強度ガ——本實驗デハ電流ノ増減ハ 0.5% 宛行ハレタコトハ前述ノ通りデアアル——偶々微小攣縮ノ閾値ニ該當シタ場合デアラウト考ヘラレル。後ニ屢々述ベル様ニ、大ナル攣縮ヲ示標トスル場合ニハ、小ナル攣縮ヲ示標トスル場合ニ比シテ一般ニ電流閾値ガ増大スルノデアアルガ、併シ刺激時間ガ或程度以上短カイ範圍内ニ於テハ、兩電流閾値ハ極メテ接近シタ値ヲ取ル。從テ 0.5% 宛ノ段階ノ電流増減ニ由テ微小攣縮ヲ實現スルコトハ、不可能デハナイト共ニ、實際ハ甚ダ困難トナルノデアルト考ヘラレル)。コノ攣縮ノ大キサガ變化スル點ハ、同一筋デハ實驗ヲ反復スルニ當ツテ同一點デ再現シ、相當固定シタモノデアアル。又示標トシテ弱イ電流ニ對スル數 μ ノ攣縮ノ代リニ、次ノ段階ノ大キサ、例ヘバ 15μ 位ノモノヲ採用スレバ、夫ニ應ジテ基流ハ當然増大スルガ、其際増大シタ基流(ir)ノ主利用時(假ニ t_H)ヲ測定シ、他方數 μ ノ攣縮ヲ示標トスル實驗ニ於テ、刺激電流ヲ ir トシタ場合ノ時間 t ヲ求ムレバ、 t_H ト t トハ略一致スル。即チ示標ガ大ナル程基流ハ増大シ、主利用時ハ短縮スルモノデ、基流並ニ主利用時ガ示標攣縮ノ大キサニ依存スルモノデアアルコトガ解ル(第9圖參照)。

B. 基流ノ動搖

基流ヲ決スルタメノ刺激時間ハ、理論的ニハ無限大デアアルベキデアアルガ、本實驗デハ最初 1000msec 、中頃カラ 700msec ヲ以テ之ニアテタ。特殊ノ場合、即チ示標トシテ大キイ攣縮ヲトツタトキニハ、時間ヲ 10% 短カクシテモ電流閾値ニ影響ガナイコトヲ豫メ確メテ、 200 、 100 、 40msec ヲ用ヒタコトモアル。基流ヲ決定スルニモ適當ナ通電時間ガアルラシク、主利用時ヨリモ餘リニ長イ時間ヲ選ブト、攣縮ノ起否ノ判明ガ明瞭ヲ缺ク。其理由ハ明カデナイガ、前述ノ様ニ選ダ示標ヨリモ更ニ小サイ攣縮ガアルコトガ、一因カトモ考ヘラレル。

實驗開始ニ際シテハ、暫クノ間豫備的ニ 30 秒毎ニ、基流値ニ近い電流ヲ流シタ。但シ電流強度ヲ適當ニシテ、攣縮ガ引續キ起リ、又ハ引續キ起ラナイ様ナコトノナイ様ニ注意スル。斯クスル中、大部分ノ材料デハ次第ニ一種ノ平衡状態ニ到達スル。即チ 10 分間ニモ渡ツテ同一基流値ヲ示ス様ナ状態ガ到來スル。コノ様ナ状態ニナツテカラ、刺激時間ヲ變ヘテ其電流閾値ヲ求メルノヲ例トシタ。コノ豫備的ニ電流ヲ通ズベキ期間ハ、多クノ場合 15 乃至 30 分間デアアル。1 時間ヲ過ギテモ尙平衡状態ニナラナイ標本ハ、實驗上不適當トシテ放棄シタ。コノ平衡状態ニ到達ヲ妨ゲル原因ト思ハレルモノハ、筋ガ左右ニ均衡ニ釣レテ居ルコト、隔壁ノ穴ノ中央部ニ垂レテ居ナイコト、負荷ガ適當デナイコト等ノ外ニ、豫メ標本ヲ Ringer 液ニ浸シテ置ク時間ノ不足ナモノ、標本作製ニ際シテ強ク引張ラレ又ハ傷ツケラレタモノ、不活潑ナ蛙ノ筋等々デアアル。本實驗ノ縫匠筋 55 例中 22 例、背皮筋 16 例中 10 例ニ於テハ、閾値

動揺ノタメ途中デ實驗ヲ中止シテアルガ、實驗手續ニ馴レテ、毎回最終マデ曲線ヲ追跡シ得ル様ニナツタ後ノ經驗カラ考ヘルト、上述ノ様ナ物理的諸條件ノ不備ガ失敗ノ重大原因デアルト思ハレル。コノ閾値不安定ナルモノ中、閾値決定ノ精密度ヲ低下シ、1% 前後ノ範圍ヲ許シテ實驗ヲ繼續シタモノガ 3 例アルガ、實驗手數ノ繁雜サガ倍加スル丈デ、得タ曲線ニハ特徴ハ見出セナカツタ。

尙冬季溫度ノ低イトキハ上述ノ如キ注意ノ下デハ、液體電極内ノ筋ハ、標本作製後 3 乃至 10 時間位ハ基流値ノ變動ガ緩慢デ、且刺激ノ反復ト共ニ安定度ヲ増ス様デアル。

又 Ringer 液内ニ筋ヲ入レテ長時間経ルト、液表面ニ脂様ノモノガ浮キ液ノ粘稠度ヲ増ス。コレハ Ringer 液ガ筋ノ殘生ニ充分満足ナ條件ヲ具備シテ居ナイタメ、筋カラ液中ニ何物カガ擴散スルノデアラウト考ヘテ、コレヲ防グ意味デ研究中途カラ、Ringer 液内ニ豫メ不要ノ筋ヲ細片トシテ入レテオイタ液ヲ使ツタ。コノコトモ基流値ノ定常状態ニナルコトヲ助ケタノデハナイカト考ヘル。

C. i-t- 曲線及 i/i_r-t- 曲線

閾値決定ノ順序ハ、全例中 7 例ヲ除イテ、常ニ刺激時間ノ長イモノカラ短カイ方ヘ、閾値決定ノ前後ニ基流値ヲ測定シナガラ進メタ。刺激時間ガ短ク電流ガ強クナルト、攣縮ガ大キクナリ、屢々基流値ノ定常状態ガ攪亂サレルカラデアル。斯クシテ得タ i-t- 曲線ハ、Lucas 以來諸學者ノ得タ成績ト一致シ、全體トシテ双曲線ノナ曲線ノ處々ニ折目・突起ガ出來ルモノガ多ク、僅カニ數例ニ於テ略々滑カト見做サレル曲線ヲ得タ。後者ハ 1 實驗中基流値ノ動キガ僅カデアルカ、又ハ緩カニ一方向キニ變リツツアツタモノヲ、時間ノ長イ方カラ順序ヨク短イ方ニ向ツテ實驗ヲ進メタ實驗例ニノミ見ラレタコトデアル。次ニ和合・若林(12)ニ從テ、i/i_r-t- 曲線ヲ作ツテ見ルト、39 例中 3 例ヲ除イテ、悉ク滑カナ双曲線様ノモノヲ得タ。因ニ i-t- 曲線デ折目・突起ノ出來ル部ニハ、同時ニ基流ノ變動ガアル。

第 1 表

期 間		経 匠 筋		i/i _r	兩行ノ差
時	分	基流値	閾電流値		
60.6	1	55	0.339	1.31 ₈	<0.5%
	1	59			
	2	03			
60.6	3	29	0.344	1.32 ₂	
	3	35			
	3	38			
51.1	2	06	0.359	1.40 ₂	<0.5%
	2	09			
	2	12			
51.1	3	57	0.367	1.40 ₁	
	4	01			
	4	03			
42.0	2	19	0.389	1.52 ₅	<0.5%
	2	24			
	2	26			
42.0	4	08	0.399	1.52 ₇	
	4	13			
	4	15			
33.2	2	33	0.425	1.67 ₂	<0.6%
	2	36			
	2	39			
33.2	4	18	0.436	1.66 ₃	
	4	21			
	4	23			

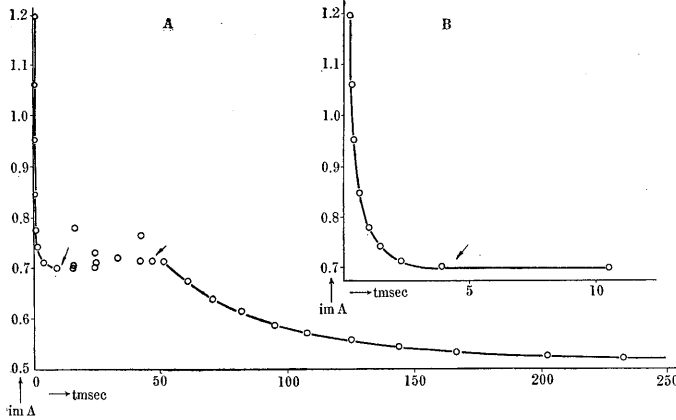
本例ハ 20.6 msec 30 短イ時点ノ閾電流ノ動揺ノ實驗ヲ中絶セル例ナリ

而シテコノ變動ガ少クモ物理的原因ノ變動ニ因ルモノデア
ル限リ、閾値ト基流値トハ比例シテ變ラシイ(第 1 表)。即
チ i-t- 曲線ノ折目ハ基流値ノ變動シタ場合ニ起ルモノノ様デ、
其位置ハ固定シタモノデハナイ。又例外ニ入レタ 3 例ハ、刺激
時間ノ長イ部デハ滑カナ曲線デアルモノガ、前述ノ攣縮ノ大キ
サノ變ル部ヨリ、急ニ時ト共ニ基流値ヲ減ジ、同時ニ曲線ガ全
ク zig-zag ニナツタモノ(コノ例デハ閾値決定ノ順序不同ニ
行ツタ)、又ハ判ツキリ折目ノ現ハレタモノ(此例デハ閾値決
定ヲ時間ノ長イカラ短カイ方ヘ順次ニ實驗シタ)デアル。原因
ハ恐ラク筋ノ負荷ガ適當デナカツタタメ、攣縮ガ小サイ間ハ、
刺激部位ガ各攣縮後完全ニ舊位置ニ復歸シタモノガ、攣縮ガ大
キクナツテカラハ、筋ノ伸展ガ充分デナク、筋ノ位置ガ變ツタ
タメデハナイカト考ヘラレル。

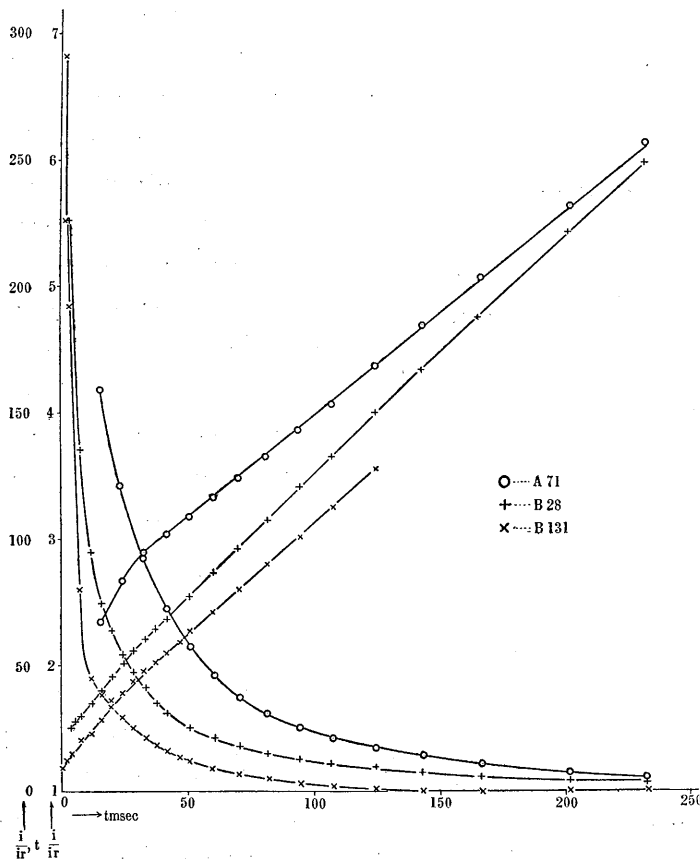
コノ外ニ縫匠筋ノ 2 例、背皮筋ノ 4 例ニ於テ、i/i_r-t- 曲線
ハ滑カデアルガ、他ノ例ニ比シテ極端ニ主利用時ノ短イモノガアツタ。此等ハ時間軸ノ單位ヲ適當ニ變ヘテ始メテ双
曲線ラシク圖示サレタ、丁度第 2 圖ニ於ケル時間軸ヲ擴大シタ圖ニ類同ノモノデアル。此等ニ於ル利用時ノ値ハ、
丁度神中・東(6)、和合・若林(12)等ガ、筋表面ノ單一纖維ヲ刺激シテ得タモノト同程度ノモノデアル。前述ノ如ク
殘生後時間ヲ経レバ、極小攣縮ガ見エナクナリ、一方示標ガ大キクナレバ主利用時ガ短カクナルコトカラ、殘生 24
時間以上ノ筋デ、故意ニ槓杆ノ負荷ヲ重クシテ實驗シタ所、上述ノ 6 例ト同様ナ曲線ガ得ラレタ。此等ノ事實カラ

第 2 圖

縫匠筋；神經入口附近ヲ刺激點トス。溫度 18.0—18.2°C；標品作製後 4h ヲリ始ム。閾値決定方法ハ順序不同；← 印ハ攣縮高ノ飛躍セル時點；5—40 msec 間ノ閾値ハ時間ヲ經ルニ從ツテ低下セリ



第 3 圖 各實驗ノ條件ハ第 2 表ヲ参照セラレタシ



線關係ヲ満足シナイ點ガアル例ガ多く、又數本ノ互ニ併行ナ直線ノ各 1 部ヲ連結シタ様ナ結果ヲ示シタ例モアル。

見テ、以上 6 例ハ小サイ攣縮ガ見エナクナリ、全纖維ノ攣縮ヲ示標トシタ例トモ考ヘラレ、或ハ一般曲線ニ於ル刺激時間ノ極メテ短カイ、即チ最モ大キイ攣縮高ノ部ニ相當スルモノトモ考ヘラレル。實際ニハ此等ノ現象ハ、不活潑ナ蛙カラ材料ヲ採ツタトキ、又ハ取扱ヒガ亂暴デ、筋ヲ損傷シタ様ナ場合ニ起ルラシイ。

次ニ刺激回路ノ條件變化ノ試ミノ 1 ヲツトシテ、電極内ノ刺激點周圍ノ Ringer 液量、即チ分路抵抗ヲ種々ニ變ヘテ見タ。委シク云ヘバ筋ノ通過スル穴(第 1 圖中 H 部)ノ大キサヲ、筋ノ 10 倍(第 3 圖 A 71)カラ、始メト同大(第 3 圖 B 28)迄ニ變ヘ、又穴ノ部ノ液ヲ排除シテ空氣層ヲ添入シ、之ヲ通ツテ筋ガ上下ノ液ニ橋渡シトナツタモノ(第 3 圖 B 131)モアル。此等ノ所作ニ因リ、基流ハ 0.01 mA カラ 1.2 mA ニ互ル變動ヲ示シタ。

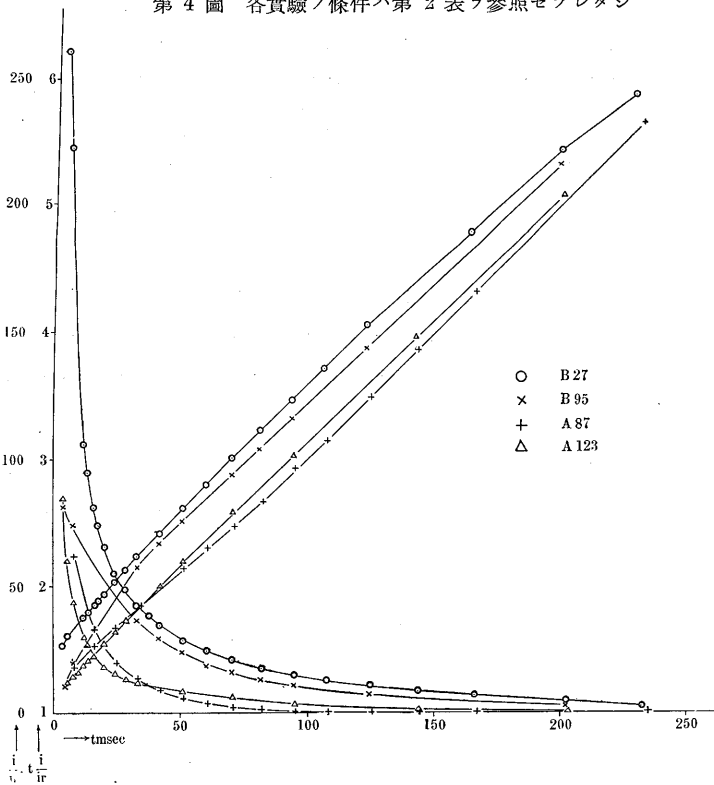
他ノ試ミトシテ、筋ノ刺激部位ヲ種種ニ變ヘタ。即チ縫匠筋デハ、骨盤端(第 4 圖 B 27)、神經入口附近(第 4 圖 B 95)、神經入口ト臍端トノ中央部(第 4 圖 A 87)、及臍端(第 4 圖 A 123)ノ 4 ケ所、背皮筋デハ、皮膚端(第 5 圖 B 61)、筋中央部(第 5 圖 B 73)、及骨盤端(第 5 圖 B 51)ノ 3 ケ所ヲ選シタ。

又示標トシテ大キサノ異ナル攣縮ヲ採リ、同一筋デ實驗ヲ繰返シタコトモアル(第 6 圖)。

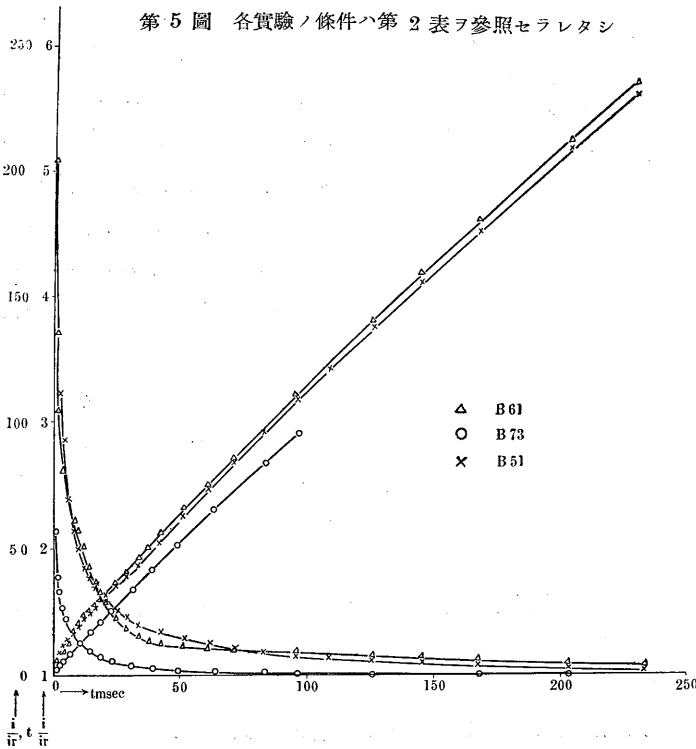
D. $i/i_r \cdot t-t$ 曲線

全實驗例ヲ總覽スルニ、 $i \cdot t-t$ 曲線ハ大體ニ於テ直線デアアルガ、所々ニ直

第4圖 各實驗ノ條件ハ第2表ヲ参照セラレタシ



第5圖 各實驗ノ條件ハ第2表ヲ参照セラレタシ



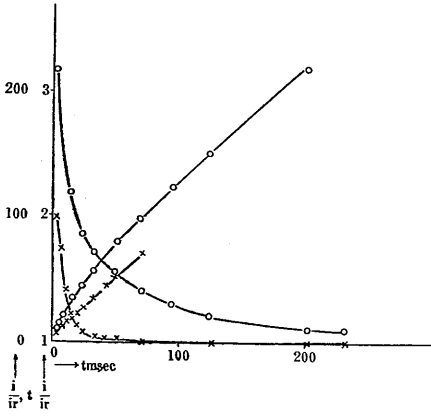
反之 $i/i_r \cdot t-t$ 曲線ハ、殊ニ示標攣縮ノ大キサガ同大ト認メラレル限り、殆ンド完全ニ直線關係ヲ示ス。少數ノ例デハ極ク緩カナ上凸ノ傾向ノ認メラレルモノモアルガ、コレトテモ大多數ノ點ハ直線上ニアルト見做シ得ル程度デアアル。併シ精密ニ觀察スレバ、 $i/i_r \cdot t$ ト t トハ、攣縮ノ大キサノ一定デアアル限り、直線關係ヲ示スコトハ確カデアアルトシテモ、攣縮ノ大キサノ變動ト共ニ他ノ直線ニ移行スルト見ル可キ例ガ稀ニアリ、又刺激時間ノ極短イ部、即チ攣縮ノ大キイ部デハ、例外ナク線ハ下方ニ彎曲スルコト等カラ、直線方程式ノ Parameter ガ、攣縮ノ大キサノ變化、即チ興奮様式ノ變化ニヨツテ少シク影響サレルノデハナイカト想像サレル。併シ本實驗デハコノコトヲ決スルニハ、實驗ノ精密度ガ足りナイ。

因ニ $i-t$ 曲線乃至 $i/i_r \cdot t-t$ 曲線ノ形ヲ檢スルコトハ、 $i-t$ 曲線乃至 $i/i_r \cdot t$ 曲線ノ形ヲ判定スル上ニ重要ナコトデアアルト考ヘル。例ヘバ前者ガ單一ナ直線ヲナセバ、後者ハ單一ナ双曲線ナルコトヲ示シ、若シ前者ガ數個ノ直線ノ連結ヨリ成レバ、後者ハ數個ノ双曲線ノ結合ヨリ成ルコト、即、後者ニ現ハレル所謂折目ハ、眞ノ折目デアツテ、實驗誤差ニ基ヅクモノデナイコトヲ示ス。

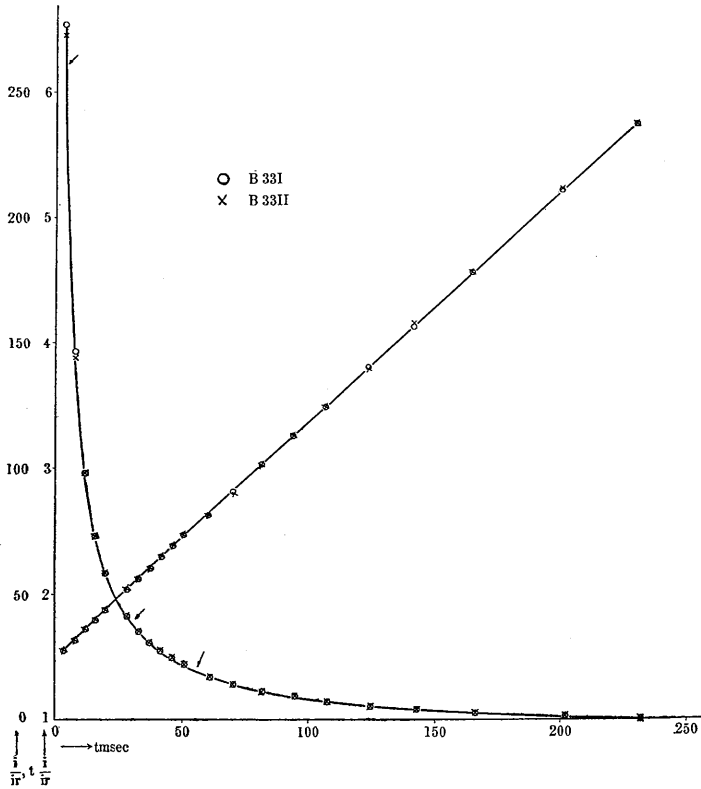
F. 再現性

同一標本ニ就テ2回以上繰返シテ實驗スルト、興奮性ノ變化ノ少イト考ヘラレル場合、即チ基流ノ變化ガアマリ大キクナイトキハ、 $i-t$ 曲線ハ其都度別個ノモノガ得ラレテモ、 $i/i_r \cdot t$ 曲線ハヨク一致スル、コノ場合ニモ $i-t$ 曲

第 6 圖 各實驗ノ條件ハ第 2 表ヲ
参照セラレタシ



第 7 圖 各實驗ノ條件ハ第 2 表ヲ参照セラレタシ
←印ハ攣縮高ノ飛躍部を示ス



A 参照)ヲ來スコトニナルノデアラウト考ヘラレル. 尙生理的横断面ノ小サイ部ガ, 時ヲ經タ筋ト類似性ヲ示スノハ, Ringer 液ノ組成ノ不備ノタメ早ク衰ヘ易イ傾向ニアルト考ヘレバ一様ニ理解出來ル.

Ⅴ. 主 利 用 時

基流値ハ, 同一装置デモ示標ノ選ビ方デ異ツタ値ガ得ラレル. 從テ主利用時モ選ンダ示標ニヨツテ値ガ異ナルコト

線ノ突起・折目ハ同ジ部位ニハ來ナイ. 併シ示標攣縮ノ大キサノ變化ハ, 第 2 回目ノ實驗ニ於テ, 各刺激時間ニ對スル閾値ヲ, 順序不同ニ決定シテモ, 同ジ部位ニ現ハレル. 又基流ニ相當ノ變化ノアル時ハ, 得ラレル曲線ハ類同デハアルガ, 中央部ガ比較的ニ目立ツテ下方ニ分離スル, 即チ曲線ノ彎曲度ガ激シクナル. コノ反復實驗ハ筋ノ刺激部ノ生理的横断面ノ大キイ程容易デアル. 換言スレバ基流ノ安定ハ筋ノ断面ノ大キイ程持續スル.

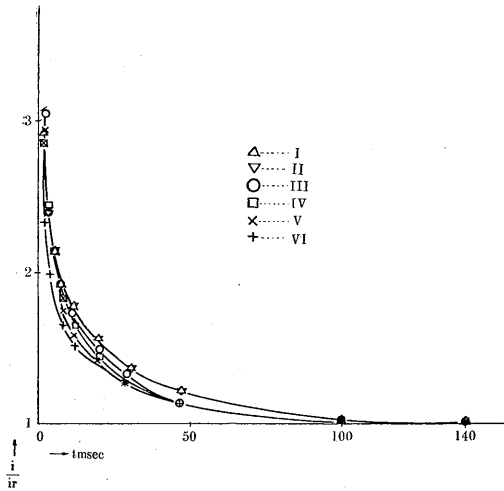
Ⅵ. 時 間 的 經 過

蛙ガ冬眠カラ醒メル季節ニハ, 基流ノ安定度ガ悪イラシイガ, コノトキ閾決定ニ關シテ比較的大ナル誤差範圍ヲ許シテ得ラレタ i/i_r-t 曲線ガ第 8 圖デアル. 圖中 I-VI ノ 6 曲線ハ, 同一標本ニ付テ接次的ニ求メラレタ曲線デアツテ, 曲線全體ノ經過ノ時間的變動ヲ示

スモノデアル. $i-t$ 曲線ノ條項デ述べタ例外的ニ主利用時ノ短イ例ハ, コノ極端ナ場合ト看做サレル.

前述ノ様ニ筋ノ生理的横断面ノ小サイ部ヲ刺激點トシタモノハ, 概シテ主利用時ガ短ク, 最小攣縮ガ大キイ. 剔出後時ヲ經タ筋ト, 筋ノ生理的横断面ノ小サイ部トハ, 主利用時ノ短イ點, 數 μ 程度ノ小サイ攣縮ガ見エナイ點等ニ於テ同一傾向ヲ示ス. 其理由ハ明白デナイガ, 恐ラク切出シタ筋ガ Ringer 液内デ時間ヲ經ルニ從ヒ, 纖維ノ收縮力ガ減弱シ, 小イ攣縮ガ見エナクナルノニ由ルノデハアルマイカ. 何トナレバ纖維ノ收縮力ガ減弱スレバ, 周圍ノ興奮シナイ纖維ヲ引張ツテ尙槓杆ヲ動かサタメニ, 興奮スル筋纖維ノ數ヲ増サネバナラヌ. 即, 大キナ攣縮ヲ示標トスル實驗ヲ實施スルノト同一結果トナル. 從テ基流ノ増加並ニ夫ニ伴フ主利用時ノ短縮(前述 III,

第8圖 各實驗ノ條件ハ第2表ヲ参照セラレタシ



ニ得ラレタ時値ヲ比較シテモ、無意味ナコト考ヘル。尙同一標本ニ就テ實驗ヲ繰返シテ得タ時値ヲ見ルニ、筋ヲ剔出シテカラ永ク Ringer 液内ニ浸シテ置イタモノ程短ク、又試ミニ強縮刺激ヲ與ヘタ後モ短クナツタ。

IV. 實 驗 式

上述ノ様ニ $i/i_r \cdot t$ 曲線ハ直線ト見做サレルカラ、實驗結果ハ

$$\frac{i}{i_r} \cdot t = a + bt \quad (a, b \text{ ハ parameters})$$

ナル實驗式ヲ表ハサレル。コノ式ヲ書き直シテ

$$\frac{i}{i_r} = \frac{a}{t} + b$$

トスレバ、Weiss(14)ノ式デ i ノ代リニ i/i_r ヲオイトモノトナル。茲ニ i/i_r ハ基流値ガ條件及状態ニヨツテ變ルトキノ、ソノ時ノ基流値ヲ單位トシテ、刺激電流ノ強サヲ表ハシタモノヲ意味スル。コノ式ヲ更ニ變形シテ

$$\left(\frac{i}{i_r} - b\right) \cdot t = a$$

トスレバ、 $(i/i_r - b)$ ト t ガ直角双曲線關係ニアルベキコトヲ示ス。コノ双曲線ノ漸近線ハ云フマデモナク i/i_r 軸ト $i/i_r = b$ ナル直線デアル。

V. 普遍的雙曲線ノ作製

上式

$$\left(\frac{i}{i_r} - b\right) \cdot t = a$$

ヲ更ニ次ノ様ニ書き直スコトガ出來ル。

$$\frac{\frac{i}{i_r} - b}{\sqrt{a}} \times \frac{t}{\sqrt{a}} = 1$$

此式ハ a ト b ノ値ニ拘ハラナイ普遍的雙曲線デアツテ

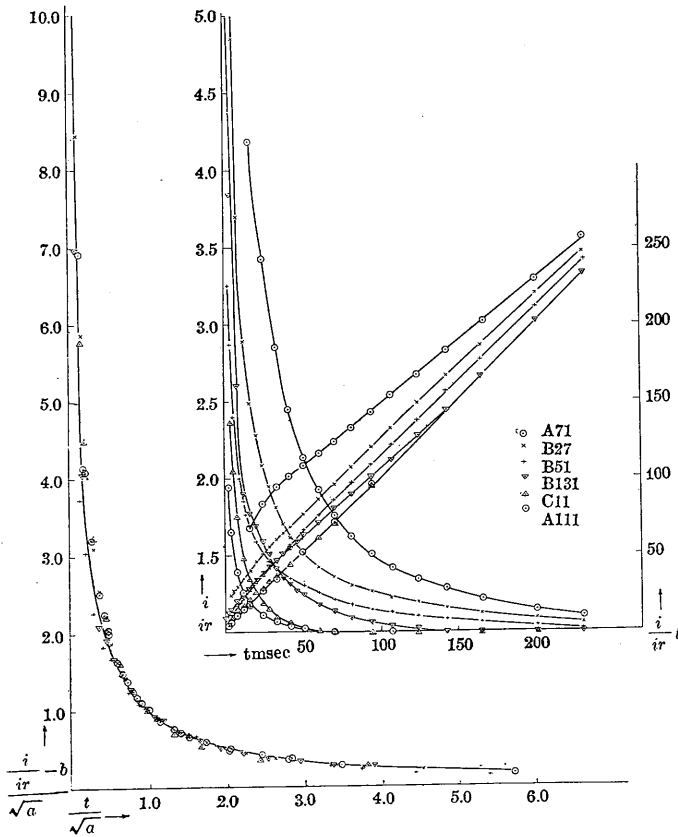
$$\frac{i}{i_r} \cdot t = a + bt$$

ハ既ニ述ベタ通りデアル。尙主利用時ニ近イ部ハ、極小サイ電流ノ變化ニ對シテ、所要刺激時間ハ幅廣ク變動スル如キ實驗誤差ノ大キイ部デアルカラ、實驗的ニ精確ニハ追究出來ナカッタガ、數 μ 大ノ變縮ニ對シ 500 msec 程度ガ普通デアツタ。示標變縮ガ大キイ程、殘生時間ガ長イ程、又生理的横断面ノ小サイ程、主利用時ノ短イ事實、及夫ニ對スル著者ノ考ヘハ前ニ述ベタ通りデアル。

I. 時 値

本實驗デ得タ時値ノ値、即チ基流ノ 2 倍ノ刺激電流ニ對スル所要刺激時間ハ、第 2 表(後出)ノ通りデ 0.1 乃至 57 msec ノ間ニアル。前述ノ様ニ基流値ガ一義的ノモノデナイカラ、此様ナ大キイ開キガアルモノト思ハレル。即チ時値ハ裝置・方法、特ニ示標ニヨツテ相違スルカラ、此等ヲ同一ナラシム可キ條件ガ満足サレテ居ナイ場合ニハ、單

第 9 圖 各實驗ノ條件ハ第 2 表ヲ参照セラレタシ



ノ式ガ成立スル限リ成立スル。從テ本實驗 48 例 (内 10 例ハ同一標本デ繰返シタ實驗)ハコノ式ニ當儀メテ圖示スレバ、悉ク同一双曲線デ表示サレル筈デアリ、事實ソノ通りデアル (第 9 圖)。同様ニ和合・若林 (12), 阪本 (10), 井原 (5) ノ實驗値モ、此式ニ當儀メレバ、同一双曲線トナル。

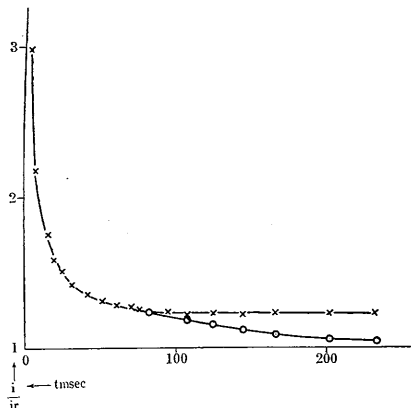
今上式デ、 \sqrt{a} ハ $(i/i_r - b)$ ト t^2 トノ數値ノ等シイ點ノ兩坐標ノ値デアル。換言スレバ、普遍的双曲線ハコノ $(i/i_r - b) = t$ ナル點ノ坐標値ヲ單位トシテ、 i/i_r 及 t ヲ表ハシタ場合ノ兩者ノ關係ヲ示スモノデアル。而シテ上ニ見ルガ如ク、此様ナ所置ヲ經タ數値ハ、裝置・方法ニ拘ハラナイモノデアル。

VI. 理論上ノ基流, 主利用時及時値

吾々ノ今日ノ方法ヲ以テシテハ、筋ニ實際ニ作用スル電流ハ測定出來ナイ。所謂閾電流ト稱スルモノハ、抵抗・分路・分極作用等複雑ナ構造及機構ヲ有スルト

考ヘラレ爾被刺激形體ヘ、外カラ作用サセタモノヲ測定シ、コノ値ガ眞ニ作用スル部分ト、一定ノ函數關係ニアルモノト看做シテ、意味ツケテアルニ過ギナイ。既ニ述ベタ様ニ本實驗ニ於テモ、筋周圍ノ Ringer 液量ノ増減ニ依ツ

第 10 圖



経匠筋, 筋中央部ヲ刺激點トス
温度 15.0~15.2°C. 標本作製後 4 日ヨリ第 1 刺激ヲ始ム

テ、基流値ハ $10 \mu A$ 乃至 $1 mA$ ト云フ廣イ範圍ニ動搖スルノデアルカラ、勿論スカル基流値ハ各標本ニ固有ナ値トハナラナイ。又刺激時間ヲ固定シテ (例ヘバ $700 msec$ ニ) 段々ト強イ閾以上ノ電流ヲ送込スレバ、或強サデ突然ニ、今迄ノ數倍ノ大キサノ攣縮ガ現ハレル。一方既ニ述ベタ様ニ、刺激時間ヲ長イ方カラ段々ト短クシテ、各時間ニ對スル閾電流値ヲ決メル場合ニモ、示標攣縮ガ突然ニ數倍ニ増ス點ガアル。扱テコノ 2 ヲ方法デ認メラレル筋攣縮ノ大キサノ飛躍ハ、同一筋デハ $i/i_r - t$ 曲線上 同一場所ニ現ハレル。コノ事實ヲ圖示シタモノガ第 10 圖デアル。コノ例デ認メラレタ約 3μ ノ最小攣縮 (基流値 $0.330 mA$) ハ、槓杆及顯微鏡ノ助けヲ借りネバ識別出來ナイ。基流値 $0.407 mA$ ニ對シテ得ラレタ約 15μ 程度ノ攣縮ハ、肉眼デヤウヤク見エルガ、示標トスルニハ精確ヲ期セラレナイ程度ノモノデアル。此等ノ外ニ明白ナ辨別ハ困難乍ラ、更ニ小サ

イ攣縮ノアルコトハ確實デアル。本装置デ認めラレタモノハ5階段デアルガ、實際ニハ更ニ數多イコトト想像サレル。尙夫々ノ大キサノ攣縮ニ對シテ、夫々主利用時ガアル。即チ同一實驗條件デモ、基流・主利用時共ニ示標トスル攣縮ノ大キサニ依存スルモノデ、一義的ナモノデハナイ。從テ種々ノ實驗ニ於テ得ラレタ値ヲ比較スルニハ、ソノ裝置・方法及示標等ノ相違ヲ考慮ニ入レナケレバナラナイ。實際ニハ此等ニ依存スル特定ノ値ヲ單位トシテ、各實驗ニ於ケル刺激ノ強サ及時間ヲ表現スルコトガ、合理的ト考ヘラレル。例ヘバ和合・若林ノ單一筋纖維ヲ刺激シタ實驗(12)ハ、其示標ノ選ビ方カラ考ヘレバ、全纖維ノ攣縮ヲ示標トシタ場合デアリ、從テ和合・若林ノ實驗値ハ、本實驗ニ於ケル攣縮高ノ極メテ大キクナツタ階段ヲ示標トシタモノト、比較スベキデアルト考ヘラレル。試ミニ本實驗ニ於ケル攣縮高ガ1mm位ト認めラレル曲線部分ト、和合・若林ノ成績トヲ比較スルニ、刺激方法ガ全ク異ナルタメ、 $i-t$ 曲線ハ直接比較出來ナイガ、 $i/i_r (V/V_r)-t$ 曲線ハ互ニ類同デアル。

上ノ如キ考ヘノ1ツノ助ケトナルモノハ、槓杆ニ負荷ヲツケテ小サイ攣縮ヲ故意ニ見エナクシタ、即チ大キイ攣縮ヲ示標トシタ、強サ—期間—曲線ガ殆ソド類同デアルコトデアル。和合・若林ガ強サノ因子ヲ i/i_r ニ取ツタコトハ、斯ノ如ク實驗結果ニ、ヨリ大ナル普遍性ヲ附與スル意味ニ於テ、極メテ適切ナ所作デアルト考ヘル。更ニ進ンデ、若シ時間軸ニ就テモ同様ナ取扱ヒガ出來ルナラバ、即チ例ヘバ主利用時、又ハ主利用時ト何等カノ簡單ナ關係ニアル時間ガ決定サレ、コノ値ヲ單位トシテ時間軸ヲ表示スルコトガ出來ルナラバ、コレト i/i_r ノ考ヘトヲ組合スコトニヨリ、方法・示標攣縮ノ大キサ等ノ實驗條件ニ係リナク、直接ニ實驗ノ結果ヲ比較出來ルコトニナラウ。コノコトハ既ニ Lapicque (7) ガ考ヘ付イテ居ル所デアルガ、適當ナ「時間單位」ガ得ラレナカツタ。

今實驗式

$$\frac{i}{i_r} t = a + bt$$

ヲ

$$\left(\frac{i}{i_r} - b\right) = \frac{a}{t}$$

トシテ、 t ノ非常ニ長イ場合ヲ考フレバ、

$$\frac{i}{i_r} = b$$

トナル。即チ電流ノ刺激作用ガ何處マデモ繼續スルモノデアレバ、極メテ長イ電流ヲ通ジタ場合ノ閾値ハ、 bi_r トナル理デアル。茲ニ示標ガ小サクナルト共ニ、主利用時ガ延長スル事實ヲ併セ考ヘルナラバ、 bi_r ハ本實驗ニ於テ選ンダ示標ヨリモ、更ニ小サイ示標ガ選バレタ場合ノ基流値トシテ理解スベキモノト考ヘラレル。コノ考ヘノ當否ハ別トシテモ、兎ニ角實驗式カラ得ラレル bi_r ヲ理論的基流ト呼ブコトガ出來ヤウ。又實驗式ニ於テ、 $i/i_r = 1$ ナルトキノ t ヲ求ムレバ、コレハ實驗的基流ニ對スル主利用時、即チ實驗的主利用時デアル。其値ハ

$$t = \frac{a}{1-b}$$

デアル。併シ實際ニハ b ハ 1 ニ近い數デアルタメ、 b ノ少シノ誤差モ $a/(1-b)$ ニハ大キク響イテ、數値ハ計算サレテモ、誤差範圍ガ甚ダ廣イ。即チ主利用時ハ直接實驗的ニハ勿論、上ノ様ナ半理論的方法デモ、精密ニ數示ルコトハ甚ダ困難デアル。併シ前述ノ普遍的ノ双曲線ヲ作ル場合ニ用フル時間單位

$$\left(\frac{i}{i_r} - b\right) = t = \sqrt{a}$$

ハ、主利用時ト一定ノ關係アル數値デアルコトハ數式ノ上カラ知ラレル。即チ上ノ單位ハ主利用時ノ

$$\frac{\sqrt{a}}{a} = \frac{1-b}{\sqrt{a}}$$

倍デアリ、a, b ハ同一標本デハ恒數デアルカラデア。本實驗例デハ b ハ概ネ 0.9, \sqrt{a} ハ 0.5 程度ノコトガ多カッタカラ、普遍的双曲線ハ主利用時ノ附近ヲ單位トシタコトニナツテ居ル。

時値ニ關シテハ、基流ノ如何ニ拘ハラズ、一定デアル如キ場合モ多數見ラレテ居ルガ、基流が一義的ノモノデナイカラ、當然一義的ノモノデナク、示標ニ依存スル値デア。コノタメニ第 2 表ノ様ナ大キイ開キガ得ラレタコトト考ヘル。此ノコトハ、橋田(4)ガ既ニ指摘シテ居ル様ニ、實驗の時値 (τ) ハ

$$\tau = \frac{a}{2i_r - b} \text{ 又ハ } \frac{a}{2-b} \text{ (} i \text{ ノ代リニ } \frac{i}{i_r} \text{ ヲ採ツタ場合)}$$

デアツテ、實驗式ノ 2 ヲ Parameter a, b ノ比、即チ a/b デハナイコトカラモ、當然ノコトト考ヘラレル。コノ a/b, 即チ橋田(4)ノ云フ理論の時値ハ、前ニ假稱シタ理論的基流ヲ基準トスル時値デアツテ、實驗の時値トハ値ヲ異ニスル筈デアリ、實驗上カラ見テモ、和合・若林(12)、阪本(10)、井原(5)ノ如キ、實驗誤差範圍ヲ少サクシタ實驗ニ於テハ、事實其コトガ實證サレテ居ル。換言スレバ實驗的基流ノ 2 倍ニ對スル刺戟時間ヲ、數值的ニ 實驗式ノ 2 ヲ Parameter ノ比デアルトシ、之ヲ時値ト名ヅケテ被刺戟形態ヲ特徴ヅケタ從來ノ主張ハ、大マカナ意味デシカ妥當シナイ。

尙本實驗デハ勿論、上述諸氏ノ 實驗誤差範圍ヲ少サクシタ業績ニ於テモ、基流ノ 2 倍ニ對スル點ハ、強サ一期間一曲线ノ全經過中、縦軸ニ近イ偏ツタ部位ニアル。此部位ハ刺激電流ノ強サノ變化ニ對スル時間ノ變化、或ハ其逆ガ、相互ニ同ジ程度ニ起ル部位カラ離レテ居ツテ、實驗上誤差ノ大キイ部ニ位置スル。從來時値ハ比較的ヨク決定サレル點デアルトサレテ居ルノハ、一面コノ事情ニ基クモノデ、誤差ノ範圍ノ廣イコト、即チ寧ロ精密測定ノ缺點ト看做スベキモノヲ、考ヘ誤ツテ居ルト云ハネバナラナイ。コノ様ナ點ヲ曲线ノ代表トシテ選ブコトハ、當ヲ得タコトデハナイト考ヘル。

VII. 強サ——期間——曲线ノ代表

現在電氣刺激ノ方法ヲ以テ、所謂興奮性ヲ比較スル場合、標準トシテ用ヒラレルモノニ基流ノ逆數ト時値ガアル。併シ兩者トモ基流ガ重大ナ役割ヲ持ツ數値デアルカラ、前述ノ様ナ意味デ、同一種類ノ標本ニ就テ成可ク同一裝置・方法及示標ノ下ニ精密ニ實驗ヲ行ツテモ、大キナ誤差範圍内デ比較出來ルダケデアリ、又標本ノ種類ガ異ナレバ比較出來ナイコトハ、上來述べ來ツタ所デ明カデア。

次ニ、既ニ述べタ如ク凡テノ強サ一期間一曲线ハ

$$\frac{\left(\frac{i}{i_r} - b\right)}{\sqrt{a}} \times \frac{t}{\sqrt{a}} = 1$$

ノ形デ、1 本ノ双曲線ニ纏マル。而シテコノ曲线中、兩軸値ガ 1 デアル様ナ點ハ、兩漸近線ノ挟ム角ノ 2 等分線ト曲线ノ交點デアツテ、兩坐標値ガ最モ鋭敏ニ、同程度ニ變動スル部デア。コノ點ヲ原曲线ニ還元シテ考ヘレバ、

$$\frac{t}{\sqrt{a}} = 1 \quad \text{及} \quad \frac{\left(\frac{i}{i_r} - b\right)}{\sqrt{a}} = 1$$

即チ

$$t = \left(\frac{i}{i_r} - b\right) = \sqrt{a}$$

ノ關係ガ満足サレル點デ、各々ノ強サ一期間一曲线ニ於テ、實驗上最モ誤差ノ少イ點デア。今筋及神經ノ強サ一期間一曲线ノ實驗式ヲ、阪本(10)、和合・若林(12)、井原(5)及ビ本實驗ノ結果ニ立脚シテ

$$\frac{i}{i_r} \cdot t = a + bt$$

ト決定スル限リ、上ノ導入サレタ數値 \sqrt{a} ハ、各強サ—期間—曲線ノ新示標トシテ、曲線相互ノ比較ニ、最モ適當

第 2 表

M Sartorius

Region Stimulated	No. of exp	Time Passed Since Preparation	Temperature (°C)	Rheobase (μA)	Experimental Chronaxie (msec)	(New)quantity introduced
Stimulated at Pelvic end	B 17	5-0	13.5-15.5	3.7	3.5	0.4 0
	B 27	5-0	14.5-15.2	3.7	2.7	0.5 3
	B 27	10-20	15.2-16.2	3.7	2.7	0.5 3
	B 33	7-0	17.0-17.2	3.7	2.3.5	0.5 2
	B 33	9-0	17.2-17.5	3.7	2.3.5	0.5 2
	B 135	3-0	19.0-19.0	1.9	2.0	0.5 7
	B 135	7-0	19.0-19.0	3.6	5-5	0.2 0
	C 3	7-0	18.6-18.6	3.0	1.6	0.4 7
	C 3	4-20	18.6-18.6	4.3	1.2	0.4 5
	C 3	3-10	18.6-18.8	3.6	1.3	0.4 3
	C 3	7-20	18.8-19.0	3.8	1.0	0.4 0
	C 3	7-20	19.0-19.0	3.3	0.8	0.4 0
B 93	0-20	19.0-19.0	3.2	2.1	0.4 0	
B 93	5-30	20.0-20.0	4.9.5	2.1	0.5 0	
Stimulated at the part near nerve entrance	A 127	5-0	17.0-17.5	2.0	1.6	0.4 7
	A 133	5-30	16.5-16.5	1.7	3.4	0.6 2
	A 137	5-0	15.5-16.0	2.5	2.5	0.5 2
	B 43	0-30	16.0-16.0	2.5	2.5	0.5 2
	B 43	0-0	16.5-16.5	3.3	1.5	0.4 9
	B 93	6-30	18.0-18.0	5.0	2.2	0.5 1
Stimulated at the part of lower one-fourth	A 83	5-20	18.0-18.0	6.2	6.5	0.2 9
	A 87	0-0	19.5-19.5	6.0	1.1	0.3 4
	A 91	5-0	18.5-19.5	5.0	6	0.4 5
	A 111	4-20	13.5-13.5	4.8	2	0.1 8
	A 115	4-20	17.0-17.0	5.2	7	0.4 1
	A 119	5-0	17.0-17.0	3.9	4.5	0.2 1
Stimulated at tendonic end	B 5.5	7-40	15.0-15.0	3.2	10.5	0.5 4
	A 95	7-20	19.5-19.5	4.0	10.5	0.3 3
	A 113	3-30	16.5-16.5	5.0	7	0.3 1
	A 121	7-10	17.0-17.0	5.3	7	0.2 5
	A 123	6-40	17.0-17.0	5.2	7	0.2 7
	C 7	4-0	18.0-18.2	4.1.5	1.5	0.2 6
Muscle suspended with no surrounding fluid	A 105	5-0	18.0-18.7	1.3.3	6.5	0.4 5
	B 127	4-20	19.0-19.0	4.0	12.5	0.3 9
	B 131	5-30	17.0-20.0	2.0	12	0.4 3
Stimulated with a wide hole with an electrode	A 55	7-0	unknown	8.0	2.5	0.4 8
	A 58	5-0	unknown	7.0	2.9	0.5 7
	A 59	unknown	unknown	1.0	2.5	0.5 7
	A 69	5-30	18.0-18.8	12.0	4	0.5 9
A 71	5-30	unknown	5.7	5.7	0.8 2	

M Cutaneous dors

Region Stimulated	No. of exp	Time Passed Since Preparation	Temperature (°C)	Rheobase (μA)	Experimental Chronaxie (msec)	(New)quantity introduced
Skin end	B 57	unknown	16.2-16.2	2.0	0.4	0.6 2
	B 61	5-0	14.2-16.2	1.9	12.0	0.3 7
Middle	B 67	3-30	unknown	2.9	0.1	0.4 2
	B 73	5-0	19.5-19.5	2.7	0.2	0.2 1
Pelvic end	B 51	7-0	16.5-16.5	1.5	9.5	0.3 7
	B 21	5-20	18.0-18.3	4.0	0.4	0.6 1

ナモノノ 1 ツト考ヘル (第 2 表).

尤モ、コノ \sqrt{a} ハ強サ—期間—曲線ノ代表トシテ適當ナモノデアツテモ、興奮性ノ示標トシテノ適否ハ、今後ノ研究ヲ俟タネバナラス所デアルガ、強サ—期間—曲線ガ興奮性ニ關スル 1 表現デアル限リ、 \sqrt{a} ナル數値モ亦興奮性ト不可分離ノ關係ニアル數値デアルト考ヘル。因ミニ強サ—期間—曲線ト興奮性トノ間ノ關係ノ探究ハ、將來ノ興味アル研究課題デアラウ。

VIII. 總 括

切出シタ蛙ノ縫匠筋及背皮筋ヲ、液體電極ヲ通ジテ直角電流ヲ以テ刺激シ、所謂強サ—期間—曲線ヲ追跡シテ次の結果ヲ得タ。

- (1) 攣縮ノ大キサハ、電流ガ強クナルニ從テ階段的ニ増大スル。而シテ示標トシテ選擇スル攣縮ノ大キサニ由リ、夫々異ツタ主利用時ガ得ラレシ。
- (2) 基流値ハ裝置・方法ニ依存スル値デアル。同一方法デモ目標トスル最小示標攣縮ガ大キイ程、大キイ値ヲ得ル。
- (3) 主利用時ハ示標攣縮ガ大キイ程、又 Ringer 液内デ殘生時間ノ永イモノ程、短イ。
- (4) i-t 曲線ニハ突起・折目ガ出來ルコトガ多イガ、其位置ハ固定シタモノデハナイ。i/i-t 曲線ハ、t ノ極短イ

第 3 表

No. of Exp. B 33 II						No. of Exp. D1					
Time Since Exp. Started	t msec	i μA	ir μA	i/r	1/r	Time Since Exp. Started	t msec	i μA	ir μA	i/r	1/r
7	700		320			7	700		102.7		
25	232.4	322	320	1.00	1.00	11	232	105.5	102	1.03	1.03
1-14	202.2	315.4	302.3	1.04	1.04	16	202.2	107.6	102.7	1.06	1.06
51	166.4	327.3	307.7	1.06	1.06	20	166.4	109.9	102.7	1.07	1.07
1-24	143.8	329.5	299	1.10	1.10	23	143.8	112.2	102.7	1.09	1.09
40	125.1	346.3	312	1.12	1.12	27	125.1	115	102.7	1.12	1.12
1-33	107.8	347	302	1.14	1.14	30	107.8	117.8	102.7	1.15	1.15
1-3	95.0	362	304	1.19	1.19	33	95.0	121.3	102.7	1.18	1.18
1-45	82.0	371	304	1.22	1.22	36	82.0	123.3	102.7	1.22	1.22
28	70.6	398.3	316	1.26	1.26	39	70.6	130.4	102.7	1.27	1.27
37	60.6	416	312	1.33	1.33	43	60.6	138.0	102.7	1.33	1.33
1-53	51.1	432.7	302	1.43	1.43	49	51.1	146.6	101.7	1.42	1.42
46	42.0	477.6	308	1.55	1.55	57	51.1	142.0	101.0	1.61	1.61
34	37.6	497.5	308	1.61	1.61	1A-2	42.0	151.0	101.0	1.50	1.50
1-18	33.2	517	301	1.71	1.71	1-8	37.6	159.0	100	1.59	1.59
1-50	28.6	552.5	301	1.83	1.83	1-12	33.2	168.9	100.7	1.66	1.66
57	24.4	597.4	303.0	1.96	1.96	1-20	28.6	176.5	100	1.76	1.76
1-25	20.3	654	301	2.17	2.17	1-25	24.4	189.9	100	1.90	1.90
1-11	16.19	738	302	2.44	2.44	1-30	20.3	206.6	99.5	2.03	2.03
1-40	12.07	88.2	301	2.93	2.93	1-36	16.19	222.0	99.7	2.24	2.24
1-58	8.01	1160	302	3.84	3.84	1-40	12.07	232.7	99.0	2.35	2.35
2-1	3.96	1964	299	6.57	6.57	1-47	9.64	284.0	98.5	2.88	2.88
						1-56	8.01	319.0	98.1	3.23	3.23
						2-4	5.38	388.0	97.5	3.98	3.98
						2-9	3.96	476.5	97.5	4.88	4.88
						2-23	2.34	646.0	97.0	6.61	6.61

No. of Exp. A 127					
Time Since Exp. Started	t msec	i μA	ir μA	i/r	1/r
35	700		211		
40	202.2	216.3	211	1.01	1.01
43	166.4	216.9	211	1.02	1.02
66	143.8	219.3	210.5	1.06	1.06
30	125.1	233	210	1.06	1.06
36	107.8	227	209	1.08	1.08
57	95.0	222.9	208	1.11	1.11
1A-1	82.0	239	208	1.16	1.16
1-4	70.6	267	207	1.19	1.19
1-10	60.6	258	207	1.26	1.26
1-16	51.1	272	206.5	1.31	1.31
1-22	42.0	291	206.5	1.40	1.40
1-25	37.8	303.5	207	1.47	1.47
1-29	32.2	320	206.5	1.55	1.55
1-41	28.6	339	206.5	1.64	1.64
1-48	26.6	366	206.5	1.76	1.76
1-55	20.3	383	207	1.88	1.88
2-2	16.19	416	208.5	2.00	2.00
2-7	13.69	428	206.5	2.07	2.07
2-11	12.07	444	208.5	2.15	2.15
2-15	9.64	467	208	2.24	2.24
2-17	8.01	492	208	2.36	2.36
2-22	5.38	533	208	2.57	2.57
2-32	3.96	538	208	2.67	2.67
2-31	2.34	672	207	3.25	3.25

No. of Exp. B 93					
Time Since Exp. Started	t msec	i μA	ir μA	i/r	1/r
27	700				
30	232.4	648	626	1.03	1.03
36	202.2	657	622	1.05	1.05
45	166.4	666	617.4	1.07	1.07
53	143.8	682.4	617.4	1.10	1.10
57	125.1	699	617	1.13	1.13
1A-2	107.8	719	617	1.16	1.16
1-5	95.0	742	617	1.20	1.20
1-8	82.0	768	617	1.24	1.24
1-12	70.6	798	615	1.29	1.29
1-18	60.6	834	613.7	1.36	1.36
1-24	51.1	882	612	1.44	1.44
1-29	55.7	856	611	1.40	1.40
1-36	46.5	906	607	1.49	1.49
1-44	42.0	936	603	1.55	1.55
1-50	37.8	970	599	1.62	1.62
1-56	33.2	1013	590	1.71	1.71
2-9	24.4	1100	585.4	1.88	1.88
2-22	16.19	1253	581.3	2.15	2.15
2-36	8.01	1378	575.3	2.39	2.39

第 4 表

No of Exp B5

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
24	700		333		
27	232.4	327	333	104	
17	202.2	351	332	105	
22	168.4	362	332	109	
31	143.8	375	334	112	
35	125.1	389	336	115	
42	108.4	403	337	119	
47	95.9	414	338	122	
53	82.0	421	338	124	
1A-3	76.1	423	334	124	
1-15	70.5	425	333	127	
1-24	60.5	430	333	129	
1-33	51.1	437	331	131	
1-40	42.0	448	328	135	
1-52	33.2	465	327	142	
2-3	24.0	494	327	150	
2-13	20.3	518	325	159	
2-30	16.9	606	328	184	
2-41	8.0	717	328	218	
2-55	3.9	980	295	332	

No of Exp A83

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
40	1000		674		
40	233	674	674	100	
50	201.8	677	677	100	
58	166.8	677	677	100	
59	163.6	676	676	100	
1A-1	124.9	672	672	100	
1-4	108.4	677	672	100	
1-8	94.8	677	667	101	
1-13	81.9	677	680	102	
1-18	70.5	679	686	103	
1-25	60.5	683	647	105	
1-33	51.0	699	638	109	
1-37	42.0	718	630	113	
1-46	33.2	750	628	119	
1-56	24.0	801	621	127	
2-8	16.2	894	624	142	
2-19	8.0	1140	626	182	
2-29	4.0	1493	626	230	

No of Exp B127

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
27	700		432		
31	232.4	432	432	100	
36	93.0	430	432	100	
50	70.6	439	432	106	
	60.6	472	432	109	
53	51.1	500	432	115	
59	42.0	526	432	121	
1A-37	33.2	566	433	130	
1-35	24.4	631	432	146	
1-41	20.3	688	436	157	
1-45	28.7	600	440	136	
1-33	16.9	765	433	176	
1-29	12.07	870	432	206	
1-24	8.01	1030	432	238	
1-50	5.56	1109	440	252	
2-15	3.93	1193	432	276	
2-9	2.29	1394	474	294	
2-27	1.47	1674	462	352	
2-17	0.65	2008	474	424	

No of Exp B131

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
30	700		11.2		
35	232.4	11.2	11.2	100	
46	125.1	11.4	11.2	102	
49	107.8	11.6	11.2	104	
53	95.0	11.9	11.2	106	
55	82.0	12.3	11.3	109	
59	70.6	12.9	11.3	113	
1A-4	60.6	13.4	11.4	118	
1-7	51.1	14.3	11.4	124	
1-15	46.5	14.9	11.7	126	
1-11	42.0	15.3	11.5	132	
1-19	37.6	16.1	11.9	135	
1-26	33.2	17.7	12.1	142	
1-33	28.7	18.5	12.2	151	
1-36	24.4	19.4	12.2	159	
1-50	20.3	20.6	12.2	169	
1-59	16.9	22.9	12.9	176	
2-7	12.07	24.6	13.0	189	
2-18	8.01	34.7	13.3	260	
2-38	3.96	51.3	13.3	304	
2-50	2.34	73.5	13.3	355	
3-0	0.65	190.5	13.3	443	

No of Exp C11

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
20	1000		432		
23	32.4	432	432		
25	202.2	432	432		
26	166.4	432	432		
27	95.0	432	432		
29	60.6	437	432	131	
44	42.0	455	430	105	
52	42.0	458	433	105	
1A-25	37.6	460	420	109	
58	33.2	476	433	110	
1-34	28.7	490	424	115	
1-5	24.4	502	427	117	
1-40	20.3	529	420	126	
1-9	16.9	558	418	133	
1-47	12.07	612	415	147	
1-17	8.01	719	411	175	
1-52	5.56	839	410	206	
1-22	3.93	972	411	236	

No of Exp A123

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
57	700		566		
59	202.2	572	566	101	
1A-3	143.8	579	561	103	
1-8	95.0	599	559	102	
1-13	70.6	624	557	112	
1-16	51.1	655	554	118	
1-21	42.0	663	532	120	
1-25	33.2	680	550	124	
1-29	28.6	698	540	127	
1-32	24.4	721	540	131	
1-42	20.3	751	540	137	
1-46	16.2	791	546	145	
1-53	13.7	801	546	154	
1-58	12.1	875	544	160	
2-19	9.6	938	567	168	
2-37	8.01	1039	552	188	
2-47	5.56	1209	540	221	
2-49	3.96	1695	543	294	

No of Exp B51

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
30	700		153		
35	232.4	156.5	153	101	
40	202.2	159.6	152	104	
44	166.4	164.6	154	106	
50	143.8	168.4	154	108	
54	125.1	171.2	154	110	
57	107.8	174.3	154	112	
1A-0	95.0	179.0	156	114	
1-5	82.0	184.5	156	118	
1-8	70.6	189.0	156	121	
1-11	60.6	196.0	156	125	
1-16	51.1	203.5	156	130	
1-19	42.0	211.8	156	135	
1-20	33.2	221.7	157	140	
1-33	28.6	230.6	157	146	
1-38	24.4	238.5	157	151	
1-42	20.3	251.3	158	159	
1-47	16.9	265.7	158	168	
2-8	13.8	281.7	159	176	
2-52	12.07	2920	150	184	
2-3	9.70	3178	159	199	
2-58	8.01	3382	158	214	
2-26	5.76	3890	162	239	
2-16	4.16	4574	159	286	
2-30	2.60	5260	162	324	

No of Exp B121

Time Since the 1st Stimul	t msec	i	i _r	i _r	i _r
700			398		
58	125.1	398	398	100	
1A-5	82.0	398	398	100	
1-19	51.1	398	398	100	
1-23	42.0	398	398	100	
1-27	33.2	398	398	100	
1-32	28.6	398	398	100	
1-40	24.4	413	398	103	
1-53	20.3	439	395	111	
1-49	16.9	471	395	119	
1-59	12.07	515	398	129	
2-10	8.01	574	398	144	
2-14	6.05	605	395	153	
2-5	4.16	678	395	171	
2-19	3.40	822	401	205	
2-34	2.34	916	401	230	
2-20	0.62	1000	400	250	

部ヲ除キ滑カナ双曲線デ、

$$\left(\frac{i}{i_r} - b\right) \cdot t = a \quad \text{又ハ} \quad \frac{i}{i_r} = \frac{a}{t} + b$$

ナル實驗式ニヨク適合スル。

(5) i/i_r-t 曲線ハ、筋ノ殘生時間ガ永ビク程、曲線中央部ノ曲リガ強クナル。

(6) 種々ノ條件デ得ラレタ i/i_r-t 曲線ヲ、夫々 $(i/i_r - b) = t$ ナル點ノ坐標値ヲ單位トシテ、兩軸ノ値ヲ表示スレバ、凡テノ曲線ハ唯 1 本ノ普遍的双曲線トナル。

(7) 時值ガ強サ一期間一曲线ノ代表值トシテ不適當ナ理由ヲ擧ゲ、コレニ代ル新シイ示標トシテ

$$\left(\frac{i}{i_r} - b\right) = t = \sqrt{a}$$

ヲ満足スル \sqrt{a} ナル數值ヲ採用スルコトヲ提唱シタ。

稿ヲ終ルニ當リ、橋田教授、山極助教授、若林講師及教室員各位ノ御教導ヲ深謝ス。

参 考 文 獻

1) Davis, H. (1923): J. of Physiol. 57, IXXXI.

- 2) Du. Bois-Reymond (1877): Gesamelte Abh. über die allg. Nerv-und Muskelphysik I u. 2
- 3) Fick, A. (1904): Gesammelte Schriften 3
- 4) 橋田邦彦 (昭和 7 年): 科學 2
- 5) Ihara, T. (1937): Jap. J. of Med. Sci., (III) Biophysics IV
- 6) Jinnaka, S. and Azuma, R. (1923): Proc. of the Roy. Soc. of London, B 93
- 7) Lapicque, (1926) : L'excitabilité en fonction du temps.
(1931) : J. Physiol. 73
- 8) Lucas, K. (1906) : J. Physiol. 34
(1906-7): " 35
(1907-8): " 36
(1909) : " 38
(1910) : " 40
- 9) Rushton, W. A. H. (1930) : J. of Physiol. 70
(1930) : " 72
(1932) : " 74
(1932) : " 75
- 10) Sakamoto, S. (1933) : Pfügers Arch., 231
- 11) Sunada, S. (1930) : J. of Biophysics. I
- 12) Wago, U. und Wakabayashi, T. (1937) : Jap. J. of Med. Sci., (III) Biophysics IV
- 13) Watts, C. F. (1924-25) : J. of Physiol. 59
- 14) Weiss, G. (1901) ; Archiv. Ital. de Biol. 35

神經ノ強サ——期間——曲線 612. 816. 1.

東京帝國大學生理學教室

本林 富士郎

I. 序

本實驗ハ既ニ報告シタ筋ノ直接刺激實驗(2)ノ繼續デアツテ、神經ヲ刺激シテ、所屬筋ノ所謂最小攣縮ヲ示標トシツツ、神經ノ強サ一期間一曲線ヲ追跡シタモノデアル。其他ノ點ハ凡テ前報告(2)ニ準ズル。

II. 装置・方法及材料

主要ノ點ハ、凡テ前報筋刺激實驗(2)ノ場合ト類同デアル。茲ニハ重複ヲサケテ、異ナル點ノミヲ述ベル。

刺激装置及其他ノ全實驗装置ノ配列ハ、第1圖ニ示シタ通りデアル。

刺激ノ爲ノ通電時間ハ、筋ノ場合ニ比ベテ、ヨリ短カイ且正確ナモノガ必要デアツタ。本實驗ニ於テハ、此ノ様ナ短時間ノ通電ノ爲ニハ東式振子ヲ用ヒ、一方基流用トシテハ、Lucas 振子ノ2ツノ開放電鍵ヲ、時隔 22.4 msec ノ位置ニ固定シテ使ツタ。東式振子ノ第1電鍵開放ヨリ第2電鍵開放迄ノ時間ノ測定ハ、前報告(2)ニ於ルト同ジク Klopsteg ノ蓄電板法ニ據ツタガ、 10^{-7} 秒ノ次序ノ時間ヲ、毎回正確ニ實現スルコトハ出來ナカッタ。從テ本實驗中、刺激時間ガ 10^{-5} 秒ノ次序ノモノニアツテハ、通電時間ニ於テ 1% ヲ下ラナイ誤差ガ含マレテ居ルコトヲ明記スル。

因ニ振子ノ零點、即兩電鍵開放ノ時間々隔ガ零ナル如キ電鍵位置ハ、常ニ幾分カ變動スルモノデアルガ、上ノ様ナ短カイ時間ガ問題トナル様ナ場合ニハ、此零點ノ僅ナ移動ガ重大ナ影響ヲ持ツコトヲ念頭ニ置カネバナラナイ。

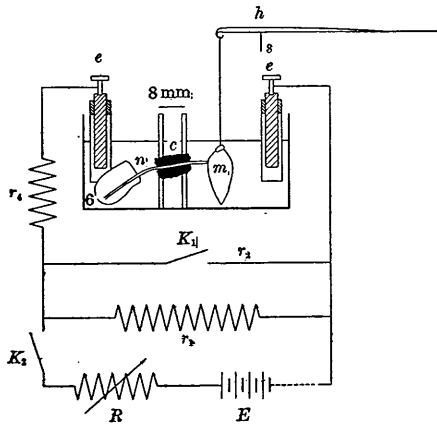
閾電流値ヲ決スル爲ニ、筋刺激ノ場合ニハ、装置中ノ抵抗 r_1 ヲ可變トシテ刺激電流ノ強サヲ加減シタガ、本實驗デハ r_1 ノ代リニ R ヲ可變トシタ。其理由ハ、本實驗デハ屢々直角電流刺激ニヨル $i-t$ 曲線ノ追跡ニ引續イテ、蓄電板放電々流ヲ刺激トシテ $V-RC$ 曲線ヲ追跡シタコトモアルノデアツテ、カカル場合 R ヲ可變トスレバ、刺激電流調節ノ目的ガ達セラレルト共ニ、放電回路ノ抵抗値ヲ一定ニ保ツ便利ガアルカラデアル。

實驗材料トシテ、最初約 10 例ハ、蛙ノ坐骨神經—縫匠筋—標品ヲ用ヒタガ、基流ノ定常狀態ガ永續セズ、實驗上甚ダ困難ヲ感ジタノデ、後ニ坐骨神經—腓腸筋—標品ニ變ヘタ。

併シ坐骨神經—縫匠筋—標品デモ、標品作製ニ熟練スレバ用ヒ得ルト考ヘラレル。殊ニ囊ヲ材料トスレバ、比較的容易ニ成功出來ノ様デアル。標品ハ一般術式ニ從テ作製シ、別ニ特別ナコトハナイガ、其際無傷ノ坐骨神經ヲ得ルタメニ、脊柱ノ一部ヲ附ケタママ軀幹カラ切り離シタ。標品ニ附ケテ取り出シタ大腿骨ノ僅カナ一部ヲ、硝子箱(第1圖及下記參照)ノ底ニ固定シ、一方「アヒレス」臍端ニ小サイ穴ヲアケ、絹絲ヲ通シテ槓杆ノ短臂ニ結ビツケタ。

刺激電極ハ Lucas 型ノ液體電極デ、鈴木(5)、杉(4)等ガ使用シツツアルモノニ模シタモノデアル。第1圖ニ示ス

第 1 圖



様ニ、硝子小箱ノ内部ヲ小穴ノアル「セルロイド」板デ 2 部分ニ區分シ、コノ穴ヲ通ジテ坐骨神經ヲ横ヘル。其際隔壁ノ部、即チ刺激ノ起ル場所ト考ヘラレル部分ニ、神經ノ分枝部ガ來ナイ様ニ注意スル。次デ硝子小箱ニ Ringer 液ヲ滿シテ全標品ヲ浸シ、隔壁ノ兩側ニ裝置シタ電極カラ、20 秒 (9 例) 又ハ 30 秒 (10 例) ゴトニ通電シ、筋ノ短縮ニ由ル槓杆ノ動キヲ觀察スルコト、前報告(2)ト同様デアアル

III. 實 驗 成 績

(a) 基 流 値 ノ 平 衡 狀 態

前ニ報告(2)シタ様ニ、筋ノ直接刺激ニ於テハ、刺激間隔ヲ 30 秒ニスルコトニ由リ、満足ナ基流値ノ平衡狀態ガ得ラレタガ、本實驗デハ然ラズ、試ミニ 刺激間隔ヲ 1 分ニ延長シタ所、更ニ大キナ動搖ヲ示シ、反對ニ每 20 秒ニ短縮シテ始メテ満足ナ狀態ヲ示スモノガ多カッタ。又中ニハ標品作製後約 1 時間デ、既ニ平衡狀態ニ達スルモノモアリ、15 時間ニモ亙ツテ尙ヨクコノ平衡狀態ヲ保ツモノモアツテ、一般ニ背皮筋、縫匠筋ヨリモ早ク平衡狀態ニ達シ、且永續スル様デアアル。加フルニ筋刺激ノ場合ニ大切デアツタ、筋ノ釣り方、刺激部位ノ固定、槓杆ノ荷重ノ適否等ノ煩雜ナ條件ガ問題ニナラナイタメカ、筋ノ場合ニ比ベテ遙カニ實驗ガ行ヒ易ク、基流値ノ不安定、閾電流値決定ノ困難(筋ノ短縮ノ起否ニ對應スル電流値ノ開キガ 1% 以上ノ場合)等ノタメ、實驗ヲ中テ断念シタコトハ僅カニ 2 例デアツタ。

(b) 示 標 變 縮

本實驗ニ於テモ、前報告ト同様 1μ ノ短縮ガ確認出來ル裝置ヲ用ヒタガ、本實驗ニ於テ認メラレタ最小變縮ハ、 $1/2\text{ mm}$ 程度ノモノデアツタ。之ハ基流又ハ夫ニ近イ電流デ刺激シタ場合デアアルガ、短カイ刺激期間、從テ強イ電流デ刺激スレバ、變縮ハ更ニ大サヲ増シタ。本實驗ノ範圍デハ、此様ナ變縮高ノ飛躍ハ、2 段階認メラレタニ過ギナカッタガ、腓腸筋ヲ前報告ニ於ケル液體電極内ニ裝備シテ、筋ヲ直接ニ刺激スレバ、最小約 1μ ノ變縮カラ始ツテ、順次 5 段階ノ變縮高ノ飛躍ガ見エルコトハ、縫匠筋ノ場合ト同様デアツタ。

(c) $i-t$ - 曲線, i/i_r-t - 曲線, 及 $i/i_r \cdot t-t$ - 曲線

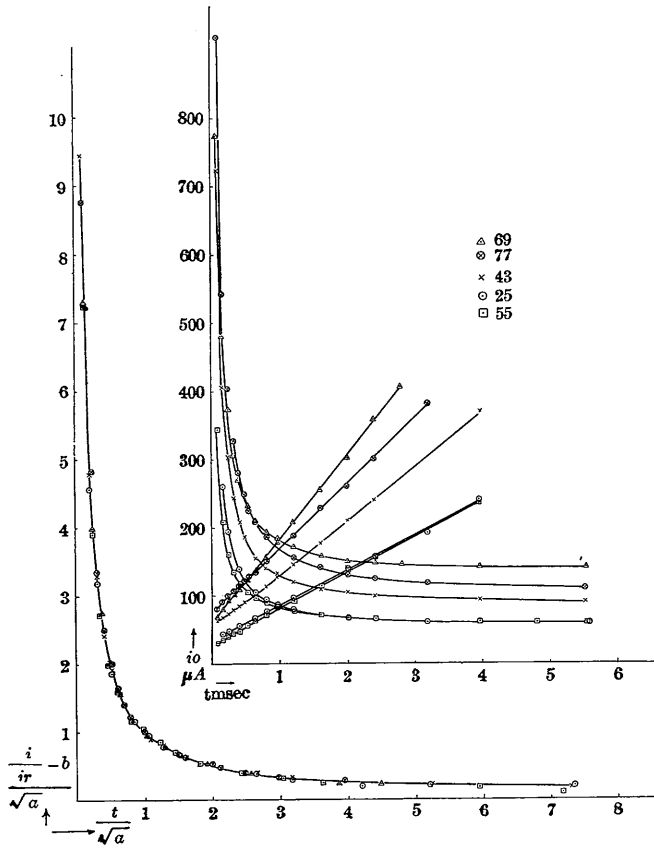
筋ノ直接刺激ノ場合ト同様ニ、 $i-t$ - 曲線ハ曲折アル双曲線型デアリ、 i/i_r-t - 曲線ハ滑カナ双曲線様ノ經過ヲ示ス。從テ $i/i_r \cdot t-t$ - 曲線ハ大體直線ヲナス(第 2 圖)。但シ直線係カラノ逸脱ノ程度ハ、筋ノ場合ニ比ベテ稍々大キイ。其理由ハ明白デナイガ、恐ラク腓腸筋ガ平行纖維ノミカラ構成サレテキナイコト、及刺激期間ガ極ク短イ部デハ、實驗誤差ガ前報告ニ於ケルヨリモ少シ大キク、1% ヲ超エル等ノ事實ニ由來スルカト考ヘラレル。

刺激回路ノ物理的條件ヲ變ヘタ實驗ノ 1 ツトシテ、硝子小箱内隔壁ノ神經通過ノ穴ノ大サ、即刺激電流ニ對スル分路ノ抵抗ヲ種々ニ加減シテ見タ。即「セルロイド」板ノ穴ヲ通シテ神經ヲ横ヘタ後、殘ル間隙ヲ「ワゼリン」ヲ浸ミ込メタ綿デ密封シタモノカラ、Ringer 液ガ穴ヲ通シテ自由ニ交通出來ル程度ノモノマデ試ミタ。之等ノ所作ニ由リ基流値ハ $36\mu\text{A}$ カラ $143\mu\text{A}$ 迄ノ開キヲ示シタ。尙刺激電流ヲ上行流ニシタモノ、下行流ニシタモノ、又第 1 回目ノ曲線追跡ヲ終ツテカラ、第 2 回目ニ移ル前ニ、同一時間間隔デ數百回ノ種々ノ強サノ蓄電板放電々流刺激ヲ故意ニ加ヘタモノ、又毎秒 1000 及 3000 回ノ交流デ 2—3 秒間強縮刺激ヲ加ヘタモノナドモアル。

茲ニ注目スベキハ、之等ノ種々ナル條件ノ下デハ、夫々別個ノ $i-t$ - 曲線ガ得ラレルニモ拘ハラズ、 i/i_r-t - 曲線トシテ圖示スレバ、凡テ殆ド差ノナイ曲線トナルコトデアアル。又同一標品デ、第 1 回目ト第 2 回目ノ曲線追跡ノ間ニ、基流値ガアル程度以上變化スル様ナ場合デモ、筋ノ如ク曲線ノ中央部ノ分離ガ著明デナイ。尤モ大キナ基流ノ變動ガ無カッタコトモ事實デアアル。併シ收縮性が衰ヘルト考ヘラレル様ナ條件ノ場合ニハ、常ニ曲線ノ彎曲度ヲ増ス方向ヘ分離スルコトハ、筋ノ直接刺激ノ場合ト同様デアアル。

(d) 實 驗 式 及 得 ラ レ タ 曲 線 ノ 代 表 値

第 2 圖



$$i_0 = i_1 \times \frac{i_{r0}}{i_{r1}}$$

ニヨツテ算出サレル i_0 ハ、基流値ガ同ジク i_{r0} デアルト假定シタ場合ノ、期間 t_1 ニ對スル 閾電流値デアル。今各刺激期間ニ對シテ、實測サレタ閾電流値 i ヲ、上ノ方法デ補正シテ、 i_0 ヲ算出シ、以テ i_0 - t 曲線ヲ作レバ、該曲線ハ實驗中基流値ガ一定ノ値 i_{r0} ヲ保持シタト假定シタ場合ノ強サ一期間一曲線ニ外ナラナイ。第 2 圖ハ其數例デアアルガ、圖ニ明カナ如ク滑ナ双曲線デアリ、從ツテ $i_0 \cdot t$ - t 關係ハ直線關係デ、

$$i_0 \cdot t = a + bt$$

ナル式ニヨク適合スル。コノコトハ、實驗中基流値ガ一定デアレバ、得ラレル強サ一期間一曲線ハ滑カナ双曲線トナル可キヲ指示スルモノデアツテ、基流値ガ變動シテモ、 i/i_r - t 曲線ガ滑カナ双曲線トナル事實ト相俟ツテ、意義深イモノト考ヘル。

著者ハ前報告デ、強サ一期間一曲線ヲ代表スルモノトシテ、 \sqrt{a} ナル數値ヲ採用ス可キヲ提唱シタガ、今其數値ヲ表示スレバ第 1 表ノ如クデアル。尙比較ノメメニ、時值ヲ附加シテ置イタ。

IV. 考 案

「實驗成績」ノ條項ニ於テ述ベタ様ニ、本實驗ノ範圍デ得ラレタ i/i_r - t 曲線ハ、殆ド凡テガ同一曲線ト看做サレル

本實驗ニ於テ得ラレタ結果ハ、筋ノ直接刺激ノ場合ト同様、或範圍内ニ於テハ次式ニ依テ表ハサレル。

$$\frac{i}{i_r} \cdot t = a + bt$$

從テ總テノ實驗結果ハ、筋ノ場合ト同様ニシテ、只 1 本ノ普遍的ノ双曲線ニ纏メラレル。

尙筋刺激ノ場合ニ於テ、基流値ノ變動ガ餘リ大キクナイ限り、同一標品デ、或任意ノ刺激時間 t ニ對スル 閾電流値ガ、基流値ニ比例シテ變動スルコトハ、前報告(2)ニ述ベタ所デアアルガ、同様ナコトガ本實驗即神經ニ於テモ認メラレタ。即筋・神經何レニ於テモ、基流値ガ i_{r1} カラ i_{r2} ニ變ツタノニ對シテ、閾電流値ガ i_1 カラ i_2 ニ變ツタトスレバ、實測上

$$\frac{i_1}{i_{r1}} = \frac{i_2}{i_{r2}}$$

ノ關係ガ認メラレル。故ニ今 1 ヲ強サ一期間一曲線追跡ニ際シ、最モ度々得ラレタ基流値ヲ i_{r0} 、或刺激期間 t_1 ニ對シテ實測サレタ 閾電流値ヲ i_1 、其時ノ基流値ヲ i_{r1} トスレバ、

第 1 表

Number of exp.	Time after excision	Experimental chronaxie (msec)	Rheobase (MA)	\sqrt{a} (New quantity introduced)	Remarks
9	3 h 30'	0.42	99.0	0.68	ascend. current
11	5 h 50'	0.59	39.1	0.78	ascend. current
17	7 h 30'	0.41	53.2	0.67	ascend. current
19	2 h 50'	0.54	64.6	0.78	} descend. current (the same preparation)
20	ca 9 h	0.54	65.4	0.78	
25	2 h 20'	0.51	61.0	0.76	} descend. current (the same preparation)
27	3 h 10'	0.51	59.7	0.76	
29	5 h 0'	0.50	62.3	0.77	
32	5 h 10'	0.46	86.3	0.72	} descend. current (the same preparation)
37	1 h 40'	0.51	79.5	0.77	
41	7 h 0'	0.51	84.4	0.78	
42	8 h 0'	0.51	65.6	0.80	
43	12 h 30'	0.50	90.6	0.76	} descend. current (the same preparation)
45	2 h 0'	0.43	82.9	0.68	
47	2 h 30'	0.43	85.3	0.68	} descend. current (the same preparation)
51	6 h 30'	0.41	87.9	0.68	
55	3 h 15'	0.41	61.6	0.65	ascend. current
69	3 h 10'	0.37	143.3	0.61	ascend. current
77	1 h 30'	0.55	114.8	0.61	descend. current

程ニ類同デアツタ。同時ニ基流値ノ變動ガ、各例トモ僅少デアツタコトモ事實デアル。之等ノ事柄ガ標品ノ安定ヲ指示シ、又ハ夫ニ由來スルトスレバ、切出シテ Ringer 液内ニ保存スルニ當ツテ、神經ノ方ガ筋ニ比ベテ遙カニ安定度ガ高イト言ハネバナラス。

前報告ニ述ベタ様ニ、筋ノ場合ニハ單一纖維刺激ト筋全體ノ刺激トノ間ニ、主利用時ニ於テ約 100 倍ノ差ガアル。而シテコレガ選バレタ攣縮示標ノ大小ニ基クモノデアラウトハ、著者ノ述ベタ所デアルガ、神經ニ於テハ、阪本ノ單一纖維刺激實驗ト、神經幹ヲ對象トシタ本實驗トガ、結果ニ於テ量ニ極メテ近似的デアル。コノコトハ兩實驗ガ、同程度ノ極小攣縮ヲ觀察目標トシテアルガタメト解釋サレ、示標ノ大小ニ由テ、主利用時ノ長短ガ現ハレルト言フ、著者ノ意見ヲ一層強固ニスルモノデアル。

尙前報告ニ於ル如ク、縫匠筋ヲ直接ニ刺激シタ場合ト、本實驗ニ於ル如ク神經幹カラ間接ニ腓腸筋ヲ刺激シタ場合トデハ、主利用時ニ於テ、約 100 倍ノ差ノアル曲線ガ得ラレタ。併シ腓腸筋ヲ直接ニ刺激シタ 3 例ニ於テ、縫匠筋刺激ノ場合ト同程度ノ主利用時ガ得ラレタ所ヲ見ルト、上述ノ差ハ材料トシタ筋ノ種類ガ異ツタメデナク、何等カ他ニ理由ヲ求メナケレバナラナイ。茲ニ兩者ニ於テ示標攣縮ノ大サガ異ナルコト、即縫匠筋ノ直接刺激ニ際シテノ攣縮高ハ、刺激電流ノ強サニ應ジテ數 μ 乃至 1 mm デアリ、本實驗ニ於テハ最小 $\frac{1}{2}$ mm デアツタ事實ヲ考慮サレナケレバナラナイ。而シテ茲ニ注目スベキコトハ、前者ニ於テ $\frac{1}{2}$ mm 程度ノ攣縮高ガ現ハレ始マル際ノ所要刺激期間ト、後者ニ於ケル $\frac{1}{2}$ mm 程度ノ攣縮 (即最小攣縮) ニ對スル、所要刺激期間トハ、何レモ凡ソ 4 msec 附近デ、略一致スル。此ノコトハ略同大ノ小攣縮ヲ示標トスレバ、神經ニ於テモ筋ニ於テモ、大差ナキ主利用時ガ得ラレルコトヲ指示スルト考ヘラレルガ、實驗上モ事實其通りデアツタ。

第 2 表

V. 總 括

NO of Exp 29					NO of Exp 49				
刺激時間 1/2 時間	t msec	i μA	i _r μA	i/i _r	刺激時間 1/2 時間	t msec	i μA	i _r μA	i/i _r
5-45	24.4	62.6	62.6	1.00	16	24.4	82.1	82.1	1.00
5-51	55.4	62.6	62.6	1.00	18	79.4	82.1	82.1	1.00
5-52	39.8	62.6	62.6	1.01	-	55.4	82.9	82.9	1.00
5-45	319.5	64.5	62.6	1.04	-	2.41	90.1	83.4	108.0
6-20	24.12	65.0	62.6	109.0	-	2.01	93.0	83.8	1.11
6-35	2.01	70.3	62.6	112.1	1-49	1.61	97.6	82.9	117.1
6-39	1.01	76.1	62.6	121.6	1-41	1.45	101.2	83.4	121.3
5-43	123.5	81.8	62.6	131.1	1-38	1.20	106.2	83.4	127.3
6-49	10.5	88.5	62.6	141.6	-	0.168	113.7	83.8	135.1
6-32	0.888	94.3	62.2	152.6	-	0.808	122.0	83.8	145.6
6-57	0.725	102.1	62.6	161.5	1-57	0.648	135.6	82.9	163.6
7-3	0.568	115.7	62.2	186.0	-	0.488	153.3	82.9	184.3
7-5	0.507	143.1	62.2	230.0	-	0.407	171.3	82.9	206.6
7-17	0.270	205.0	62.9	326.0	-	0.326	201.3	83.8	240.2
7-22	0.166	275.3	62.3	435.0	-	0.246	240.0	84.5	284.0
					-	0.166	308.5	82.9	372.1
					-	0.088	502.0	83.6	600.5

NO of Exp 55					NO of Exp 69				
刺激時間 1/2 時間	t msec	i μA	i _r μA	i/i _r	刺激時間 1/2 時間	t msec	i μA	i _r μA	i/i _r
20	24.4	59.8	59.8	1.00	42	24.4	141.2	141.2	1.00
25	79.4	59.8	59.8	1.00	44	55.4	141.2	141.2	1.00
-	55.4	59.8	59.8	1.00	49	39.6	141.2	141.2	1.00
58	48.0	60.5	60.1	100.1	55	319.5	141.2	141.2	1.00
52	39.6	60.4	59.8	101.6	1-3	280.2	145.0	141.2	1.02
1-0	2.41	65.6	59.6	110.1	-	24.1	150.2	142.8	1.05
-	2.01	68.6	59.6	115.5	-	2.01	151.3	142.2	1.06
1-19	1.61	71.6	59.6	120.0	-	1.61	159.8	142.2	1.12
1-22	1.20	77.4	59.6	129.1	-	1.21	173.6	142.2	1.22
-	0.968	84.7	59.6	142.1	-	0.968	184.3	142.2	1.29
-	0.808	83.9	59.6	150.1	-	0.808	194.4	142.2	1.36
2-0	0.648	97.7	59.6	163.1	-	0.648	210.	142.2	1.47
-	0.535	106.0	59.6	177.1	1-41	0.535	229.	142.2	1.61
-	0.407	121.6	61.4	198.0	1-48	0.407	272.	142.2	1.91
-	0.326	146.7	61.9	237.6	-	0.326	306.8	142.2	2.15
2-25	0.246	181.4	63.6	285.5	-	0.246	371.5	142.2	2.61
2-35	0.166	227.0	64.5	350.5	1-54	0.166	481.7	142.2	3.38
2-53	0.088	334.5	65.4	511.5	-	0.088	775.	142.2	5.45

液體電極ヲ用ヒ、直角電流ニ由テ蛙ノ坐骨神經ヲ刺激シ、所屬筋ノ I ツナル腓腸筋ノ極小短縮ヲ示標トシテ、神經ノ強サ一期間一曲线ヲ追究シ、次ノ結果ヲ得タ。

- (1) 神經刺激ニヨル所屬筋ノ攣縮ハ、刺激電流ガ強クナルニ從ヒ、階段的ニ大キサヲ増スガ、筋ノ直接刺激ノ場合ニ見ル様ナ、極メテ小サイ攣縮ハ現ハレナイ。
- (2) 神經ノ主利用時ハ、筋ノ夫ニ比ベテ極メテ短カイガ、略同大ノ攣縮ヲ觀察目標トスレバ、兩者ハ略一致スル。

(3) i-t 曲线ハ、全體トシテ双曲线的デアアルガ、所所ニ折目ガアル。其折目ハ i/i_r-t 曲线デハ消失シ、從テ i/i_r × t-t 曲线ガ直線ト見做サレルコト等、筋ノ場合ト同様デアアル。

(4) 筋刺激ノ場合ト同様式ヲ取扱ヒニ依リ、全實驗結果ハ I 本ノ普遍的ノ双曲线ニ纏メラレル。

(5) 強サ一期間一曲线ノ代表トシテ、適當ト考ヘラレル新シイ示標ヲ提唱シタ。

稿ヲ終ルニ當リ、橋田教授、山極助教授、若林講師及教室員各位ノ御指導ヲ深謝ス。

文 獻

- 1) Ihara, T. (1937): Jap. J. of Med. Sci., (III) Biophysics **IV**
- 2) 本林富士郎 (昭和 13 年): 日本生理誌 **3**
- 3) Sakamoto, S. (1933): Pflügers Arch. **231**
- 4) Sugi, S. (1935-36): Jap. J. of Med. Sci., (III) Biophysics **III, 17**
- 5) Suzuki, M. (1932): Pflügers Arch. **230**
- 6) Wago, U. und Wakabayashi, T. (1937): Jap. J. of Med. Sci., (III) Biophysics. **IV**

筋 及 神 經 ノ V—RC— 曲 線 612. 816. 1.

東京帝國大學生理學教室

本 林 富 士 郎

序

蓄電板放電々流ヲ刺激電流トシ、最小興奮ヲ目標トスル筋、神經ノ興奮性探究ニ於テ、從來專ラ檢ベラレタモノハ、初電壓 (V_0) ト容量 (C) トノ關係デアル。此際刺激回路ノ Ohm 抵抗ガ相當ナ役割ヲ演ズルデアラウコトハ、當然考ヘラレルコトデアルガ、未ダ精細ナ探究ガナイ。本實驗ハ此點ヲ顧慮シテ、蓄電板ノ初電壓・容量及放電回路ノ抵抗ノ三者ノ間ノ聯關ヲ追求スルノヲ主眼トシタ (本論文中, I).

更ニ放電々流ソノモノノ刺激作用ヲ檢索スル意味デ、全放電ト部分放電 (放電々流ヲ或時點デ中斷シタモノ) ノ效果ヲ比較シ、又放電々流ト直角電流トノ刺激作用ヲ比較スル目的ヲ以テ、互ニ持續時間ノ等シイ部分放電ト直角電流トノ效果ヲ比較研究シタ (本論文中, II).

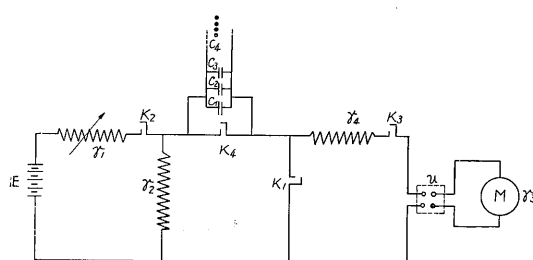
本實驗ハ前報告 (6) ノ直角電流刺激ニヨル強サ一期間一曲線ト相俟ツテ、電氣刺激ニヨル生體ノ興奮法則ノ理論的探究ヘノ一材料ヲ提供スルト共ニ、近時臨牀方面デ興奮性ノ數量的表示ヲ得ル目的ヲ以テ、蓄電板放電々流刺激ガ盛ソニ利用セラレルノニ拘ハラズ、ソノ基礎的研究ガ頗ル不備デアルノヲ補ハントスルモノデアル。

I. 全放電々流ヲ刺激トシタ場合

A. 實驗裝置・方法及材料

被刺激系・電源・蓄電板及抵抗等ヲ第 1 圖ノ様ニ配列シタ。

第 1 圖



- E : 12 or 18 V
 r_1 : 200 ~ 100,000 Ω
 r_2 : 1,000 ~ 10,000 Ω
 r_3 : 2,000 ~ 5,000 Ω
 r_4 : 0 ~ 20,000 Ω
 C_1 } : 0.001 ~ 405 μF
 C_2 }
 \vdots }
 \mathcal{U} : 方向轉換器
 \textcircled{M} : 被刺激系

圖中 K_1, K_2 ハ東式又ハ Lucas 振子ノ開放電鍵ヲ示シ、 K_3 今後ノ實驗ニ必要ナ電鍵デ、此處デハ閉鎖ノママニ保チ、 K_4 ハ水銀壺ヲ利用シタ 斷流器デアル。コレ等ノ電鍵ノ閉鎖狀態ニ於ケル電氣抵抗ハ、何レモ 0.01 Ω 以下デアル。

今 K_4 ヲ開キ K_1, K_2 ヲ閉ヂレバ、蓄電板ハ、電源ノ $r_2/(r_1+r_2)$ 倍ニ充電サレル。ソコデ K_1, K_2 ヲ遂次的ニ開放スレバ、蓄電板ハ r_2, r_3, r_4 ヲ直列抵抗トシテ放電シ、刺激電流トシテ作用スル。

用ヒタ刺激電極・抵抗器・筋ノ所謂最小攣縮ヲ辨別スル方法、及相次グ刺激ノ時間間隔等ハ、凡テ前報告 (6) ト同様デアル。

蓄電板ハ、0.001 カラ 0.999 μF マデハ Siemens & Halske 製ノ雲母可變蓄電器ヲ用ヒ、1 乃至 42 μF ハ日本無線株式會社製ノ、1 又ハ 2 μF ノ紙蓄電器ヲ適當ニ組合セテ

使ツタ。後者ハ市販ノモノノ中カラ良好ナモノヲ撰ンダノデアルガ、選擇ニ當ツテハ、先ヅ横河製作所製ノ Megger (500 V 發生) デ檢査シテ、絶緣抵抗 $5 \times 10^8 \Omega$ 以上ノモノノミヲ撰ビ (市販ノモノノ約 20% ハ不合格デアツタ)、斯

クシテ選バレタ蓄電器ヲ第 1 圖中ノ蓄電板ノ部ニ置キ、被刺激系Mノ部ニ、感度 10^{-9} A ノ彈動電流計ヲオイテ、次ノ 2 ツノ要求ヲ満足蓄電器ノミヲ採用シタ。即チ (1) 蓄電板ヲ充電シテ一定時間後 K_1 ヲ開放シテモ、電流計ガ少シモ振レナイコト、及 (2) 蓄電板ニ一定ノ充電ヲ行ヒ、 K_1 開放ノ直後ニ K_2 ヲ開放シタ時ノ電流計ノ振レト、 K_1 開放後約 2 秒後ニ K_2 ヲ開放シタトキノ電流計ノ振レトガ等シイコト。

尙蓄電板ノ容量値ノ吟味ハ、一定ノ電壓ニ充電シタ蓄電板ヲ、既知ノ抵抗ヲ通ジテ放電セシメ、放電回路ニ挿入サレタ彈動電流計ノ振レヲ示標トシテ行ツタ。先ツ前述ノ雲母蓄電板 ($0.001-0.999 \mu F$) ニ就テ、天秤ノ分銅検査ノ方法ニナラヒ、任意ノ 2 ツノ表示値ノ和又ハ差ト、夫ニ對應スル計算値、即チ電流計ノ振レヲ基トシテ算出シタ容量値トヲ比較シテ見タ處、0.5% ノ範圍デ互ニ一致シ、各表示容量値ノ正シイコトヲ知ツタ。ソコデ同器ヲ規準トシテ、紙蓄電板ノ容量値ヲ上述ノ方法デ吟味スルコトニシタ。其結果市販ノモノノ表示値ニハ、20% 程度ノ不正確サノアルモノガ稀デナカツタ。

コノ様ニシテ選バレタ蓄電板又ハ其組合セカラ流レル放電々流ノ時間的經過ハ、回轉速度 70 cm/sec ノ Oscillograph デ検査シタ範圍デハ、理論上ノ夫ト差ガナイコトモ確メタ。コノ様ナ試験ヲ 1 ケ月ニ一度宛試ミ、又各實驗開始前ニハ必ズ Megger デ絶緣狀態ヲ確メ、不良ノモノガアレバ除外スル方針ヲ採ツタ。此ノ様ニシテ蓄電板ノ吟味ヲ充分ニシタタメカ、實驗 3 ケ月間ニ中途デ不良ニナツタ蓄電板ハナク、各容量値モ毎測定トモ 0.5% 以下ノ誤差範圍デ恒常デアツタ。即チ紙蓄電器モ吟味シテ使ヘバ、短期間ハ使用ニ堪ユルモノト考ヘル。

被刺激系標本トシテハ、蛙ノ縫匠筋及坐骨神經-腓腸筋-標本ヲ用ヒ、筋ノ所謂最小攣縮ヲ觀察目標トスルコト、前報告 (6) ト同様デアル。

B. 實 驗 成 績

(i) 最小攣縮及容量の基電壓

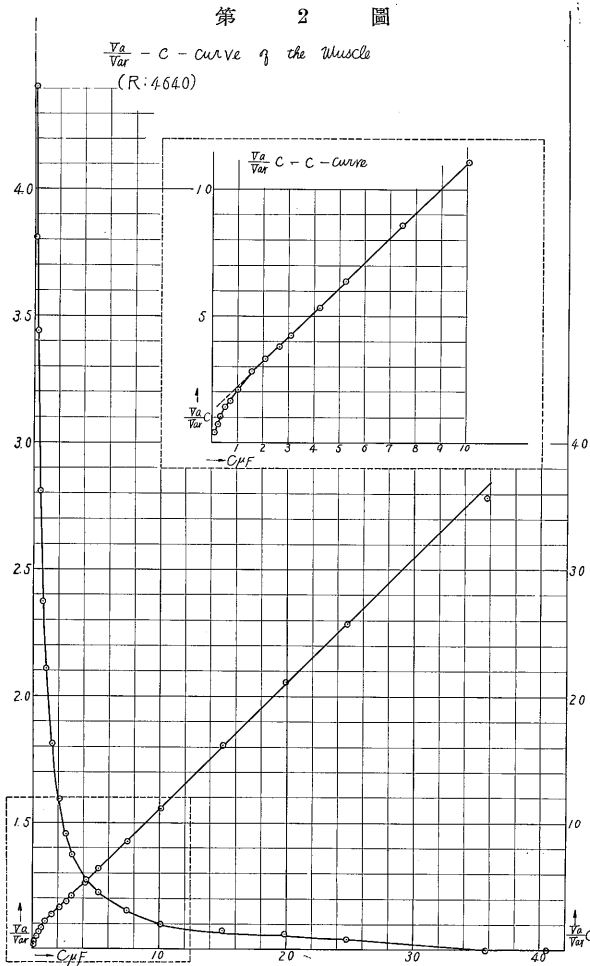
前報告 (6) ニ述ベタモノト同一裝置デ、本實驗デ認め得タ最小攣縮ハ、直角電流刺激ノ場合ト同様ニ、筋ノ直接刺激ノ場合ハ約 1μ 程度、神經刺激ノ場合ニハ $1/2$ mm 程度ノモノデアツタ。

尙放電回路ノ RC (R ハ回路抵抗、 C ハ容量) ヲ段々小サクスレバ、ソレニ應ジテ所要初電壓 (V_a) ガ次第ニ高クナルガ、或 RC ニ於テ突然攣縮ノ大キサガ増スコト、而シテコノ様ナ段階ガ縫匠筋ノ直接刺激デハ 5 段、坐骨神經ヲ刺激シテ腓腸筋ノ短縮ヲ目標トスル場合ニハ 2 段見ユルコトモ、直角電流刺激實驗 (6) デ得タ結果ト同様デアル。而シテコノ攣縮ノ不連続ノ増大ハ、同一標本デハ C ト R ノ個々ノ値ニ關セズ、 $R \times C$ ノ値ガ一定ノ點デ起ル様デアル。

今 RC ヲ充分大キクシテ、更ニ 20% RC ヲ増シテモ、初電壓又ハ夫ニ對應スル初電流ノ閾値ニ變化ノナイトキ、其初電壓又ハ初電流値、即チ直角電流刺激ノ基電壓又ハ基流値ニ相當スルモノヲ、容量の基電壓 (V_{ar}) 又ハ容量的基流 (i_{ar}) ト呼ベバ、容量の基電壓又ハ容量的基流値ノ定常狀態ノ實現ニ關シテハ、直角電流刺激ノ場合 (6) ト同様ナ操作ニ由ツテ、同程度ノ定常狀態ガ得ラレタト云フコトノ外、附加スベキ新知見ハナイ。

(ii) R 一定ノ場合ノ V_a-C -關係

放電回路抵抗ヲ一定ニ保ツタト考ヘラレル實驗ニ於テ、得ラレル V_a-C -曲線ハ滑カデナク、處々ニ突起・折目ガ出來ル。併シ和合・若林 (7) ノ考ヘニ從ツテ強度因子ヲ V_a/V_{ar} ニトツテ、 $V_a/V_{ar}-C$ -曲線ヲ作リ、又ハ前報告 (6) デ述ベタ方式デ、各 V_a ヲソノ時々ノ V_{ar} ノ値ニ應ジテ修正シタ $V_a'-C$ -曲線ヲ作レバ、之等ノ曲線ハ何レモ双曲線様ノ滑カナ曲線トナル。從テ $V_a/V_{ar} \cdot C-C$ -曲線、又ハ $V_a' \cdot C-C$ -曲線ハ、或範圍内デハ略々直線ニ近イ。但シ常ニ幾分ノ上凸ノ傾向ガ認めラレ、殊ニ R ガ小サクナルニ從ヒ、系統的ニ上凸ノ傾向ヲ増ス。他ノ觀點カラスレバ、直線ト見做サレル部分ハ R ノ大小ニ關係ナク、 V_{ar} ノ 2 倍餘ノ處迄デアツテ、電壓ガ夫ヨリ更ニ高クナルニ從ヒ、一般ニ上凸ノ傾向ヲ示シナガラ下方ニ彎曲スル。



扱 V_{ar} ノ 實 験 的 決 定 ニ ハ, 充 分 ニ 大 ナ ル C ヲ 必 要 ト ス ル コ ト ハ 云 フ 迄 モ ナ イ ガ, 其 C ノ 値 ハ R ノ 大 小 ニ ヨ ヲ テ 著 シ イ 差 違 ヲ 示 ス. 1 例 ヲ ト レ バ, 或 縫 匠 筋 ノ 直 接 刺 激 實 験 ニ 於 テ, 同 一 材 料 及 ビ 同 一 裝 置 ヲ 用 ヒ 乍 ラ, $R=23660 \Omega$ デ ハ C ガ $20\mu F$ ト $40\mu F$ ニ 於 テ V_a ニ 差 ノ ナ イ モ ノ モ, $R=5660 \Omega$ ト ス レ バ $39\mu F$ ト $40\mu F$ ト デ V_a ニ 數 per cent. ノ 差 ガ 現 ハ レ タ. 從 テ 後 ノ 場 合 ニ 於 テ ハ, $40\mu F$ ニ 對 シ テ 得 ラ レ タ V_a ハ, 未 ダ V_{ar} ト ハ 云 ヘ ナ イ 譯 デ ア ル. 換 言 ス レ バ, 一 般 ニ V_{ar} ハ C ノ ミ デ ハ 規 定 サ レ ス, C ト R ト デ 始 メ テ 一 義 的 ニ 規 定 サ レ ル モ ノ デ ア ル ト 云 ハ ネ バ ナ ラ ナ イ.

尙 同 一 材 料 及 同 一 裝 置 デ, 只 R ダ ケ ガ 値 ヲ 異 ニ ス ル 場 合 ニ ハ, 夫 ニ 應 ジ テ 2 本 ノ V_a/V_{ar} - C - 曲 線 又 ハ V_a' - C - 曲 線 ヲ 得 ル ガ, コ ノ 際 横 軸 ニ $R \cdot C$ ヲ ト ツ テ V_a/V_{ar} - RC - 曲 線 又 ハ V_a' - RC - 曲 線 ヲ 作 レ バ, 兩 曲 線 ハ 互 ニ 合 致 シ テ, 殆 ン ド 同 一 曲 線 ト 見 ラ レ 得 ル コ ト, 第 3 圖 ニ 示 ス 如 ク デ ア ル.

扱 實 験 値 ハ 近 似 的 ニ, 次 ノ 様 ナ 直 線 ノ 方 程 式 ヲ 以 テ 代 表 サ レ ル,

$$\frac{V_a}{V_{ar}} \cdot RC = a' + b' RC \quad (a', b' \text{ ハ 恒 數})$$

從 テ,

$$\left(\frac{V_a}{V_{ar}} - b' \right) \cdot RC = a' \quad (\text{双 曲 線})$$

ノ 形 ニ ナ ホ セ バ $(V_a/V_{ar} - b')$ ト RC ト ガ, 双 曲 線 關 係 ニ ア ル ヲ 知 ル.

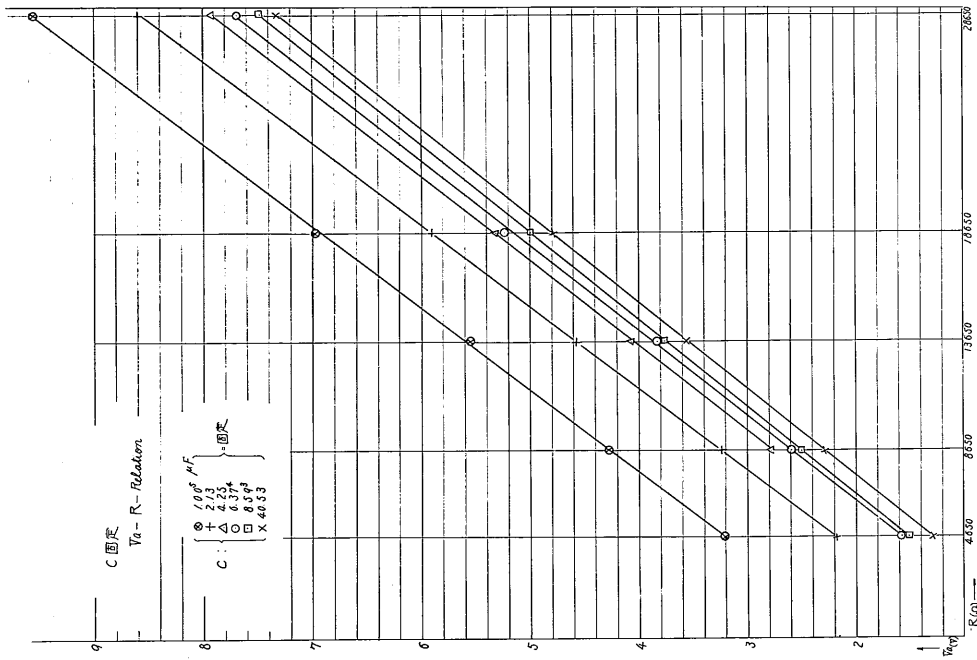
前 報 告 直 角 電 流 實 験 (6) ニ 於 テ 記 載 シ タ モ ノ ト 同 様 ナ 考 へ 方 ニ 依 ツ テ, 上 ノ 双 曲 線 中 $(V_a/V_{ar} - b') = RC$ ナ ル 如 キ 特 殊 ナ 點 ヲ 考 ヘ レ バ,

$$\left(\frac{V_a}{V_{ar}} - b' \right) = RC = \sqrt{a'}$$

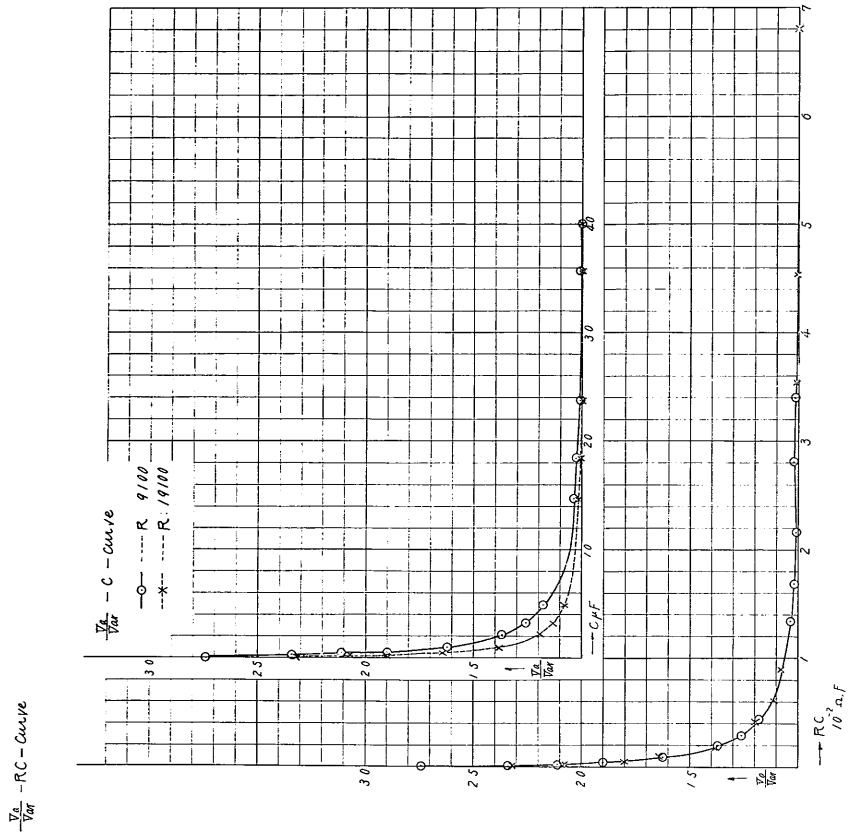
即 チ 直 角 電 流 刺 激 ノ 場 合 ト 形 式 上 全 ク 同 一 ノ 關 係 ガ 得 ラ レ ル. 茲 ニ $\sqrt{a'}$ ハ, 前 報 告 直 角 電 流 刺 激 (6) ニ 於 テ 論 ジ タ $\sqrt{a'}$ ト 同 ジ ク, 強 サ 一 期 間 一 曲 線 中, 上 式 ニ 示 サ レ タ 様 ナ 特 殊 ナ 數 量 的 關 係 ニ ア ル 特 殊 ナ 點 ヲ 表 現 ス ル 數 値 デ ア ル. 而 シ テ ス ル 特 殊 ナ 數 値 ヲ 以 テ 強 サ 一 期 間 一 曲 線 ノ 新 示 標 ト セ ン コ ト ハ, 著 者 ガ 前 報 告 (6) ニ 於 テ 提 唱 シ タ 所 デ ア ル ガ, 本 實 験 ニ 於 テ モ, $\sqrt{a'}$ ニ 由 テ 表 現 サ レ ル 點 ノ RC 及 V_a/V_{ar} ノ 値 ヲ 單 位 ト シ テ 兩 坐 標 値 ヲ 表 ハ セ バ, 全 實 験 結 果 ガ 大 體 ニ 於 テ, 只 1 本 ノ 曲 線 ニ 依 テ 表 現 サ レ ル コ ト, 直 角 電 流 刺 激 ノ 場 合 (6) ト 同 様 デ ア ヲ ヲ. 尤 モ 偏 差 ノ 程 度 ハ 直 角 電 流 ノ 場 合 ニ 比 シ テ 幾 分 高 イ.

(iii) C 一 定 ノ 場 合 ノ V_a - R - 關 係

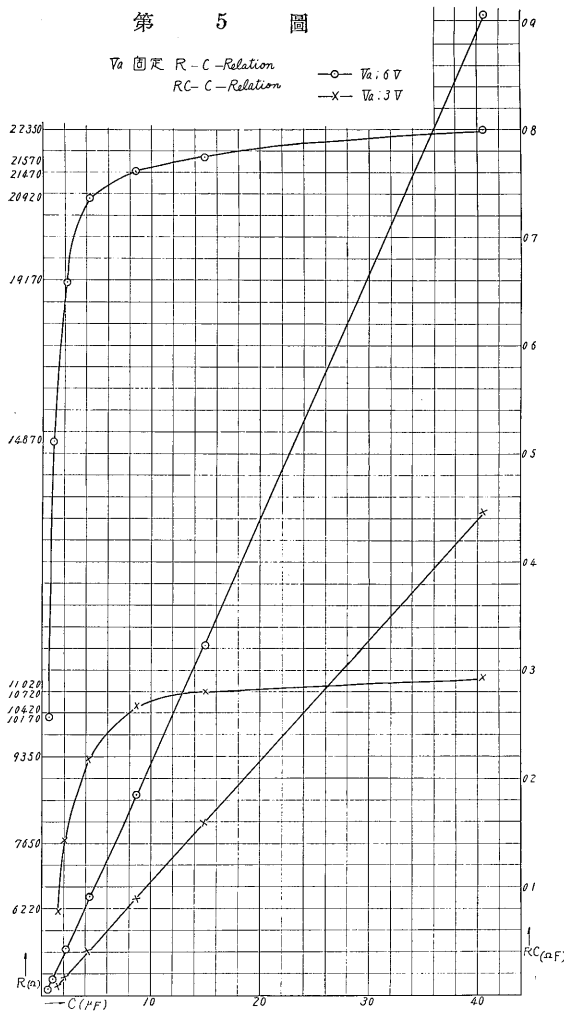
第 4 圖



第 3 圖



第 5 圖



容量値一定ノ下ニ、最小攣縮ノ起否ヲ目標トシテ、 R ノ變化ニ對スル V_a ノ變化ヲ追求スルニ、得ラレタ V_a-R 關係ハ略々直線ト見做サレル(第4圖)。

(iv) V_a 一定ノ場合ノ $C-R$ 關係

蓄電板ニ與ヘル電壓、即チ V_a ヲ一定トシ、同ジク最小攣縮ヲ目標トシテ、種々ノ容量値ニ對スル回路抵抗値 R ヲ追求スルニ、 $RC-C$ 關係ハ見事ニ直線的デアール、即チ R ト C トハ相互ニ双曲線關係ヲナス(第5圖)。コノコトハ一定ノ V_a デ最小攣縮ヲ起ス場合ニハ、 $RC=$ 恒數ナル條件ガ満足サレテ居ルコトヲ示スモノデアリ、逆ニ云ヘバ RC ガ或一定ノ値ヲ持ツ場合ニハ、 R ト C ノ個々ノ値ニ無關係ニ、或一定ノ V_a デ閾攣縮ガ起ルコトヲ示スモノデアール。

(v) 蓄電板放電電流刺激ト直角電流刺激ノ比較

同一材料デソノママノ裝置デ、直角電流刺激ニヨル i/i_r-t 曲線ト、放電電流刺激ニヨル $V_a/V_{ar}-RC$ 曲線トヲ追究シ、相互ノ比較ヲ試ミタ。其際兩種曲線ノ追究ハ、交互ニ反復シタガ、其中ニハ放電電流刺激ニ於ル R ヲ變ヘテ、繰返シ實驗ヲ遂行シタコトモアル(第1表A)。コノ實測値カラ、内挿法ニヨツテ $V_a/V_{ar}=2$ 及 $i/i_r=2$ ニ當ル部ノ $C, RC,$ 及 t ノ値ヲ求メルト第1表(B)ノ如クデアール。實驗結果ヲ總覽スルニ、 C ト t 、或ハ RC ト t トノ間ニ常ニ一定ノ簡單ナ關係ハ認めラレナカツタ。

C. 考 按

以上ノ實驗中、同一標本デ異ツタ R ノ下ニ得ラルル2本ノ $V_a/V_{ar}-C$ 曲線ガ、 $V_a/V_{ar}-RC$ 曲線トシテ相互ニ合致シテ1本ニナルコトハ、特ニ注目ス可キ事柄デアール。蓋シ或特定ノ標本ニ就テハ、當然其被刺激性(又ハ興奮性)ノ唯一性ヲ期待スベキデアリ、而シテ RC ヲ變數ニ取ツタ場合ニ、 R ノ値ニ關係ナク同一ノ $V_a/V_{ar}-RC$ 曲線ガ得ラルルコトハ、一般ニ此種ノ曲線ヲ以テ被刺激性(又ハ興奮性)ノ表示ト見做ス限リ、宛モ上ノ期待ニ副フモノデアツテ、甚ダ興味アル事實デアール。著者ハ此立場カラ、放電電流刺激實驗ニ於テハ $V_a/V_{ar}-RC$ 曲線ヲ追究シ、又ハコレニ準據シテ實測・考察スルヲ適當ト考ヘル。理論上カラモ、蓄電板放電電流ノ時間的經過ヲ規定スルモノハ V_a 並ニ RC デアール事ヲ考ヘレバ、刺激「電流」ノ立場カラモ、矢張 RC ヲ變數ニ取ルコトガ合理的デアルト考ヘル。

和合(8)ニ由レバ、人體ノ蓄電板放電電流刺激實驗ニ於テ、 R ノ大キイモノ程 $V_a/V_{ar} \cdot C-C$ 關係ノ直線性ガ良イト云フ。コノコトハ本實驗デモ確認サレタ。併シ此際考慮スベキハ、夫々 R ノ異なるモノニ就テ、只 C ダケヲ共通ニ變化サセテ得ラルル實驗結果ヲ、直接比較スルコトノ可否デアール。斯ル實驗ニ於テ R ノ大ナル場合ノ實驗ハ比較的ニ RC ノ大ナル場合ノ實驗ニ屬シ、 R ノ小ナル場合ノ實驗ハ比較的ニ RC ノ小ナル場合ノ實驗ニ屬スル。從テ R

第 1 表 A

蛙縫匠筋骨盤端刺激 蛙殺後約4hr~9hr
T: 17.5°C

實驗順序 刺激電流 種類	1 直角電流			2 蓄電板全放電電流				3 直角電流			4 蓄電板全放電電流				5 直角電流			6 蓄電板全放電電流				7 直角電流		
	τ (msec)	i (μ A)	$\frac{i}{i_r}$	C (μ F)	V_a (V)	i_a (μ A)	$\frac{V_a}{V_{ar}}$	τ	i	$\frac{i}{i_r}$	C	V_a	i_a	$\frac{V_a}{V_{ar}}$	τ	i	$\frac{i}{i_r}$	C	V_a	i_a	$\frac{V_a}{V_{ar}}$	τ	i	$\frac{i}{i_r}$
	700	155		405	272	199		700	158		405	472	199		700	163		405	155	273	130	700	165	
	202			308				202			308				202			308	169	298	142	202	182	110
	950	209	135	190	326	239	120	950			198	499	211	108	950			198	188	333	159	950	219	133
	706	235	152	150	359	263	132	706	240	152	150	539	228	114	706	244	150	150	214	370	182	706	254	154
	511	275	178	101	397	291	146	511	281	178	101	598	253	127	511	283	174	101	249	441	210	511	293	177
	332	324	210	744	441	323	162	332			744	647	275	137	332	339	208	744	285	504	240	332	350	212
	244	354	228	522	506	367	186	244	366	232	522	724	306	154	244	374	230	522	312	552	263	244	383	232
	162	396	256	309	637	467	235	162			309	882	373	188	162			309	354	626	298	162	417	253
	801	480	310	209				801			209	1043	441	221	801			209	401	709	338	801	490	297
				153	723	529	266				153							153						
基流又、容量の種電圧、變化範圍	17%			05%				< 0.2%			14%				< 0.2%			3.5%				2.5%		
	$\tau = 37 \text{ msec}$			$\frac{V_a}{V_{ar}} = 2. \text{点ハ}$ 46 (μ F) 6.3 · 10 ⁻² (Ω F)				$\tau = 37 \text{ msec}$			$\frac{V_a}{V_{ar}} = 2. \text{点ハ}$ 265 (μ F) 6.3 · 10 ⁻² (Ω F)				$\tau = 37 \text{ msec}$			$\frac{V_a}{V_{ar}} = 2. \text{点ハ}$ 11.1 (μ F) 6.3 · 10 ⁻² (Ω F)				$\tau = 37 \text{ msec}$		

第 1 表 B

$\frac{i}{i_r} = 2$ と $\frac{V_a}{V_{ar}} = 2$ の點ノ比較			備 考
直角電流ニヨル時値 (msec)	$\frac{V_a}{V_{ar}} = 2$ の點ノ		
	容量値 (μ F)	RC (Ω F)	
051	0065	8.5 · 10 ⁻²	神經刺激
057	005	7.0 · 10 ⁻²	神經刺激
046	0045	6.8 · 10 ⁻²	神經刺激同標品 デ2回繰返ス
046	003	7.0 · 10 ⁻²	
051	0062	4.1 · 10 ⁻²	神經刺激
042	0056	8.6 · 10 ⁻²	神經刺激
37	46	6.3 · 10 ⁻²	筋刺激直角電流 デ4回蓄電板放 電々流デ3回繰 返ス
37	76	6.3 · 10 ⁻²	
37	111	6.3 · 10 ⁻²	
042	0044	15 · 10 ⁻²	神經刺激
042	023	15 · 10 ⁻²	

ノ大ナル場合ノ實驗結果ト、Rノ小ナル場合ノ實驗結果トヲ直接比較スルコトハ、RCヲ變數トシテ取扱フコトヲ妥當トスル立場カラ見レバ、實驗ノ異ナル範圍ニ於テ比較シ、乃至ハ實驗範圍ノ廣イモノト狭イモノ、例ヘバ V_a/V_{ar} ガ7ニモ達スルモノ (Rノ小サイトキ)ト、 V_a/V_{ar} ガ2附近迄ノモノ (Rガ大ナル場合)トヲ、比較スル様ナ結果ニナル。然ルニ本實驗ノ結果ニ由レバ、既ニ述ベタ様ニ、直線ト見做サレルノハRノ大小ニ拘ハラズ、筋刺激デハ V_a/V_{ar} ガ2ヨリ稍大ナル部迄、神經刺激ノ場合ハ約3ノ部迄デ、コレヨリ高イ電壓ヲ必要トスル部分ニ於テハ明カニ直線カラ外レルノデアルカラ、Rノ大小ニヨツテ直線性ノ良否ガ現ハレルノハ、見掛ケノコトデアツテ、本質ノ問題デハナイ様ニ考ヘラレル。

既ニ述ベタ様ニ、 V_a ヲ一定ニシタ場合ニ得ラレル R-C關係カラ考ヘルト、種々ノ Cニ於テ、ソレニ應ジテ RCガ恒數ニナル様ニ Rヲ變ヘレバ、一定ノ V_a デ示標縮ガ起ル、從テ異ツタ Rノ下ニ得ラレタ V_a -C-曲線ノ相互比較ハ簡單ニハ行ハレ得ナイ。

Lapicque (5) 及 Bourgnignon (2) ハ充分ニ大キイ Cニ對應スル V_a ヲ求め、次ニ2 V_a ニ對スル閾容量値ヲ求め、コレニ或定數ヲ乗ジテ、直角電流刺激ノ場合ノ時値トスル方法ヲ提唱シ、我邦デモ多ク臨牀方面ニ採用サレテ居ルガ、上述ノ見地カラスレバ、此方法デハ放電回路ノ抵抗ノ違ヒニヨツテ、同一材料カラ無數ノ時値ガ得ラレルコトニナル、ノミナラズ Lapicque (5) ガコノ定數ヲ算出シタ根據モ嚴密ヲ缺イテ居ルシ、理論上カラモ蓄電板ノ放電經過ヲ規定スルモノハ、既ニ述ベタ様ニ V_a , R, Cノ3者デアルカラ、 V_a , Cノ2ツヲ考慮スルダケデハ充分デナイト考ヘル。

本實驗ニ於テモ RC ガ一定ノトキニノミ閾初電壓ガ 1 ツニ限定サレタ. 故ニ $V_a/V_{ar}=2$ ノ部ノ C ト直角電流刺激ノ時値トノ間ニ一定ノ關係ガアルトシテモ, ソレハ RC ト時値トノ間ニ求ム可キデアツテ, C ト時値トノ間ニ求ム可キモノデハナイト考ヘル. 尙コノ際 RC ガ時間ノ Dimension ナルコトハ, 注意ス可キコトデアル.

扱本實驗成績デハ $V_a/V_{ar}=2$ 附近迄ハ

$$\frac{V_a}{V_{ar}} \cdot RC = a' + b' RC$$

ノ實驗式ニ適合スルト見做サレルカラ, $V_a/V_{ar}=2$ ノ部ニ於テハ

$$2(RC)_2 = a' + b'(RC)_2, \text{ 從テ } (RC)_2 = \frac{a'}{2-b'}$$

茲ニ $(RC)_2$ ハ $V_a/V_{ar}=2$ ナル時ノ RC ノ値ヲ意味スル. 一方直角電流刺激ノ場合ノ實驗式 (6)

$$\frac{i}{i_r} \cdot t = a + bt$$

ニ就テ時値ノ部ヲ考ヘレバ,

$$2 \cdot t_2 = a + bt_2$$

$$t_2 = \frac{a}{2-b}$$

茲ニ t_2 ハ $i/i_r=2$ ナル場合ノ t ノ値ヲ意味スル. 從テ

$$\frac{t_2}{(RC)_2} = \frac{a(2-b')}{a'(2-b)}$$

故ニ a, b, a', b' ガ一定デアル限リ, 換言スレバ標本ノ被刺激性 (又ハ興奮性) ガ恒常デ, 只 1 本ノ強サ一期間一曲线ガ出來ル様ナ場合ニハ, 時値ト容量の時値, 即チ容量の基電壓ノ 2 倍ノ部トノ間ニ一定ノ關係ガアルコトヲ知ル. (本實驗ニ於テ $\frac{t}{RC}$ ガ恒常値ヲ示サナカツタノハ, 標品ニ由リ又被刺激性ノ變化ニ由テ, a, a' 等ガ動揺シタ爲ト解釋サレル). 更ニコノ關係ハ一般化シテ

$$\frac{t_n}{(RC)_n} = \frac{a(n-b')}{a'(n-b)} \quad (n \leq 2)$$

トスルコトモ出來ル. 尙 b, b' ハ R, C, t ヲ適當ナ單位ニトレバ, 1 ニ近い數デアリ, 且 $b \approx b'$ ト見ラレルカラ, 近似のニハ

$$\frac{t_n}{(RC)_n} \approx \frac{a}{a'}$$

トナル.

扱著者ハ前報告 (6) ニ於テ, 直角電流刺激ノ場合ニ

$$\left(\frac{i}{i_r} - b \right) = t = \sqrt{a}$$

ナル關係ガ成立スル様ナ特殊ナ點ヲ考ヘ, 其點ニ固有デアル \sqrt{a} ナル數値ヲ以テ曲线ノ代表者トスルコトノ適切ナルコトヲ提唱シタガ, 既ニ述べタ様ニ [(B)(ii)] 本實驗ニ於テモ類同ノ關係

$$\left(\frac{V_a}{V_{ar}} - b' \right) = RC = \sqrt{a'}$$

ガ成立スルカラ, 著者ハ再ビ直角電流刺激ノ場合ト同様ニ $\sqrt{a'}$ ナル數値ヲ以テ, 放電々流刺激ノ場合ニ得ラレル曲线ノ代表者トシテ, 採用スルコトヲ提唱セントスルモノデアル. 而モ斯クスルトキ, 2 ツノ新示標 \sqrt{a} ト $\sqrt{a'}$ ノ比ガ, 其儘 t_n ト $(RC)_n$ トノ比ニ該當スルト云フ上記ノ歸結ハ基ダ興味アル事柄デアルト考ヘル.

II. 蓄電板部分放電々流ヲ刺激トシタ場合

A. 序

刺激トシテノ蓄電板全放電電流ハ、其全部ガ有效ニ働イテキルノデハナイコトハ既ニ Cybulski und Zanietowski (1) 及 Hermann (3) 等ガ記載シテ居ル處デアアル。即チ放電々流ノ終リノ若干部ハ刺激トハ關係ガナイ。從テ放電々流全體ノ電氣量又ハ「エネルギー」カラ、其刺激作用ヲ云々スルコトハ無意義デアアル。著者ハ本實驗ニ於テ、刺激電流トシテノ直角電流及放電々流ヲ、其電氣量又ハ「エネルギー」ノ立場カラ比較考察スルコトヲ企テタノデアアルガ、其爲ニハ如上ノ理由ニヨリ、當然放電々流ノ有效部分ヲ決定シナケレバナラナイ。ソコデ先ヅ、全放電々流デ初電壓閾値ヲ定メタ後、改メテ其放電々流ヲ中斷シテ時間閾値、即チ Hermann (3) ノ云フ Kritische Zeit 又ハ Nutzzeit (容量ノ利用時ト譯シ度イト考ヘル) ヲ決定シ、更ニコノ時間ヲ利用時トスル直角電流ノ電流閾値ヲ求メテ、刺激トシテノ兩種電流ノ間ノ聯關ヲ探究シタ。不幸ニシテ或事情ノタメ充分ナル追究ヲ行フ時日ガ無ク、加フルニ將來實驗ヲ續行シ得ルヤ否ヤモ豫知シ難イノデ、不満足乍ラ、得ラレタ限リノ結果ヲ其儘報告シテ、コノ方面ノ研究ニ向ツテノ參考資料ヲ提供スル次第デアアル。

B. 實驗裝置及方法

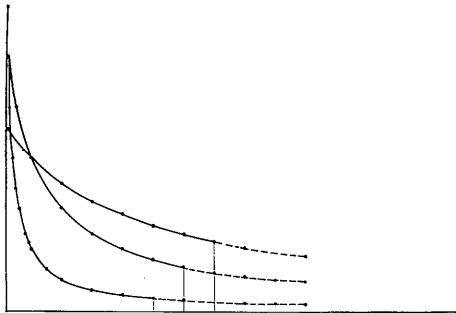
蓄電板ノ全放電、部分放電及直角電流刺激ヲ相次イデ行フ爲ニ、第 1 圖ノ配列ノ如ク、第 3 ノ開放電鍵 K_3 ヲ放電回路中ニ挿入シタ。有效ナル部分放電時間ヲ精密ニ決定スルニハ、勢ヒ正確ナ短イ刺激時間ヲ必要トスル。其爲ニ Helmholtz ノ振子ヲ使用シタ。第 1 圖中ノ K_1 、 K_2 、 K_3 ハ本實驗デハ、何レモ該振子ノ開放電鍵ヲ示ス。種々ノ位置ニ於ル K_2 開放ヨリ K_3 開放迄ノ時間ハ、前報告 (6) ニ記述シタ方法デ測定シタ。尙蓄電板ノ吟味、刺激電極、筋ノ攣縮認知ノ方法等ハ何レモ本論文第 I 部ニ於ルト同様デアアル。

C. 實驗成績

(i) 容量ノ利用時ト RC トノ關係

先ヅ放電回路ノ抵抗 (R_1) 及容量 (C_1) ヲ固定シテ、全放電刺激ニヨル閾初電壓 (V_{a1}) ヲ定メ、次デ V_{a1} 、 R_1 、 C_1 ヲ固定シタマ、デ、種々ノ時間デ放電々流ヲ中斷シテ同一效果ノ現ハレル最小時間閾、即チ容量ノ利用時ヲ求メルコト

第 6 圖



ヲ試ミタ。即チ第 6 圖ノ様ナ形ノ電流ヲ刺激トシテ使ツタ譯デアアル。上述ノ所作ヲ繰返シテ、 V_a 、 R 、 C ノ種々ナル組合セデ得ラレタ結果ヲ圖示スレバ第 7、第 8 圖ノ如クデアアル。因ニ本實驗ハ筋又ハ神經ノ被刺激性 (又ハ興奮性) ガ長時間變化シナイ様ナ場合デナケレバ完成サレナイノデ、實驗 10 數例中僅カニ 3 例ニ於テ、上掲ノ様ナ傾向ヲ判斷シ得ル成績ヲ得タニ過ギナイ。

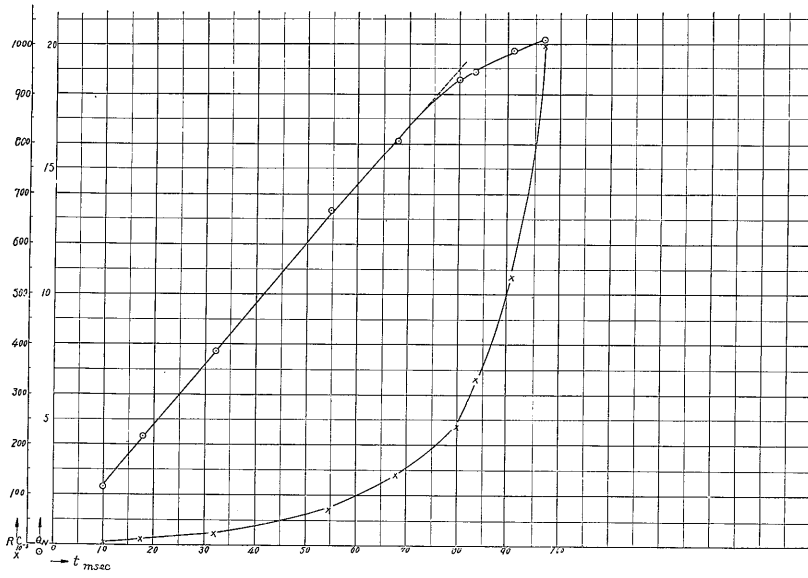
得ラレタ結果ヲ見ルニ、全放電々流中有效ニ働イテキル時間、即容量ノ利用時ハ RC ノ函數デアツテ、RC ノ大キイ (從テ V_a

ノ小サイ) 場合ニハ、始メノ一少部分ニ過ギズ。反之、RC ガ小サイ (從テ V_a ガ大ナル) 場合ニハ、有效部分ハ次第ニ増シ、遂ニ全放電電流ノ大部分ガ刺激作用ヲ持ツニ至ル。而シテ放電々流減弱ノ時間ノ經過ガ、前者ニ於テハ、緩慢デアリ、後者ニ於テハ急激デアアル爲、初電壓 (V_a) ト、容量ノ利用時ノ終點ノ電壓 (V_f) トノ差ハ、前者ニ於テハ僅少デアリ、後者ニ於テハ次第ニ大ナル。但シ容量ノ利用時ノ長サ其ノモノハ RC ガ小サイ程短イ。

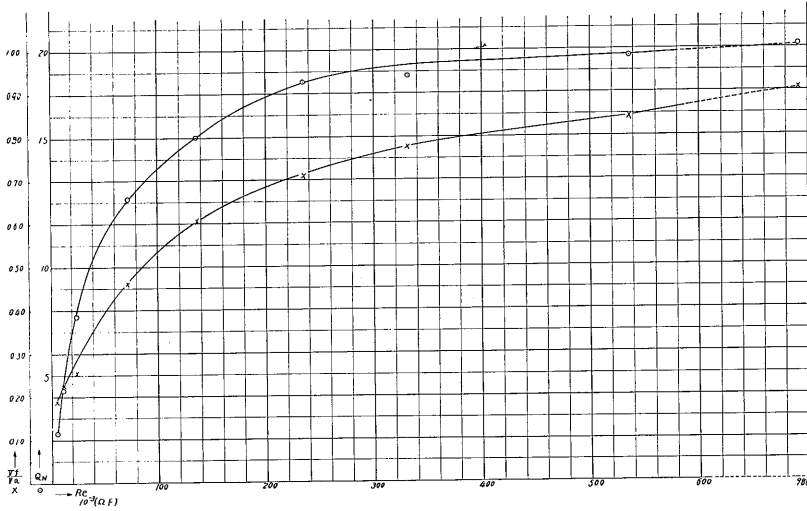
(ii) 容量ノ利用時デ中斷シタ部分放電ニヨル刺激ト直角電流刺激トノ關係

前實驗デ述べタト同様ノ手續キデ、容量ノ利用時ヲ決メタ後、コレト等シイ時間ヲ利用時トスル直角電流刺激ノ電

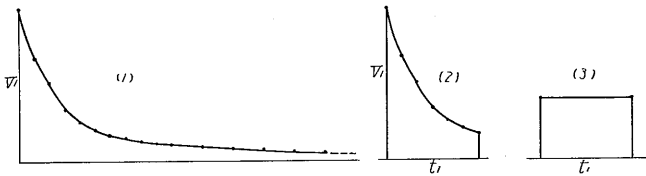
第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖



(1), (2)は初電圧 電流経過等
(2), (3)は電流経過期間等

流閾値ヲ求メタ。即第9圖ノ様ナ電流ノ各閾値ヲ求メタ譯デアル。但シ兩種刺激ノ系列ヲ順次2回繰返ス間、被刺激性(又ハ興奮性)ノ變化シナイ様ナ標本ハ甚ダ少イ。從テ得ラレタ結果(第2表)ハ兩種刺激ノ各1組ノ間ノ聯關ヲ示スノミデ、他ノ組トノ比較ハ大ナル意味ヲ持タナイ。

本實驗成績ニ依レバ、互ニ持續時間ノ等シイ、且共ニ閾刺激トシテノ刺激效果ヲ持ツ直角電流ノ電氣量ト部分放電

第 2 表
筋刺激=ヨル

$C_{(\mu F)}$	RC	$V_a(V)$	$i_a(\mu A)$	CV	$I_{(msec)}$	$\frac{V_i}{V_a}$	Q_N
2.290	31.4	3.70	0.270	8.47	4.60	0.864	11.6
直角電流			0.252		4.60		11.5
2.290	31.4	3.75	0.272	8.5.9	4.61	0.863	11.8
1.417	1.94	4.09	0.299	5.79	4.06	0.811	10.9
直角電流			0.260		4.06		10.5
1.417	1.94	4.18	0.304	5.9.1	4.02	0.813	11.0
直角電流			0.276		4.02		11.2
1.003	1.37	4.35	0.317	4.3.6	3.85	0.756	10.6
直角電流			0.280		3.85		10.8
1.003	1.37	4.43	0.323	4.4.4	3.85	0.758	10.8
直角電流			0.299		3.85		10.7
5.80	7.96	5.39	0.393	3.0.2	3.10	0.678	10.18
直角電流			0.322		3.10		9.97
5.80	7.96	5.39	0.393	3.0.2	3.13	0.675	10.2
3.03	4.16	6.43	0.469	1.9.5	1.95	0.625	7.30
直角電流			0.362		1.95		7.08
3.03	4.16	6.43	0.469	1.9.5	1.95	0.625	7.30

神経刺激=ヨル

$C_{(\mu F)}$	RC	$V_a(V)$	$i_a(\mu A)$	CV	$t_{(msec)}$	$\frac{V_i}{V_a}$	Q_N
1.97	15.1	1.09		2.15	2.99	0.821	0.384
直角電流			1.30		2.99		0.389
1.97	15.1	1.10		2.16	3.03	0.818	0.393
0.999	7.66	1.18		1.17	2.49	0.723	0.326
直角電流			1.38		2.49		0.344
0.999	7.66	1.18		1.17	2.58	0.714	0.336
0.50	3.83	1.35		0.675	2.26		0.300
直角電流			1.371		2.26	0.555	0.310
0.50	3.83	1.35		0.675	2.29	0.550	0.303
0.10	0.767	2.24		0.224	1.85	0.085	0.203
直角電流			1.460		1.85		0.271
0.10	0.767	2.24		0.224	1.85	0.085	0.203
0.01	0.0767	9.05		0.0905	0.44	0.003	0.0902
直角電流			4.35		0.44		0.192
0.01	0.0767	8.95		0.0895	0.45	0.003	0.0903

被刺激性動搖ノ目標トシナガラ、同一時間 t_1 デ中斷スル種々ノ時間的経過ノ放電電流ノ各閾値 $V_{a1}, V_{a2}, V_{a3} \dots$ ヲ求メ、進ンデ同様ノ實驗ヲ t_2, t_3, \dots デ中斷シタ場合ニツキ、同様ニ繰返ス。即チ使用シタ電流ノ形ハ第 10 圖ノ如クデアリ、得ラレタ 1 聯ノ成績ガ第 3 表デアル。本形式ノ實驗デハ、最初ノ一列ノ實驗即 t_1 ニヨツテ中斷サレタ一列ノ實驗ノ結果ト、後ノ一列ノ實驗例ヘバ t_2 ニヨツテ中斷サレタ一列ノ實驗ノ結果トハ、被刺激性ノ變化ノタメ直接ニ比較論議スルコトガ困難ナノデ、コレヲ補フ意味デ、實驗ノ順序ヲ變ヘテ、次ノ様ナ第 2 群ノ實驗ヲ併セ行ツタ。即 RC ヲ或價 (RC) = 固定シテ(即電流ノ形ヲ同一ニ保ツテ)、種々ナル長サノ時間 $t_1, t_2, t_3 \dots$ デ中斷シタ場合ノ $V_{a1}, V_{a2}, V_{a3} \dots$ ヲ求メ、コノ操作ヲ數種ノ RC ニ就イテ繰返ス方式デアル。斯クシテ得ラレタ一聯ノ成績ガ第 4 表ノ示ス通りデアル。コノ場合ニハ全放電電流ニヨル閾値ヲ時々求メテ、被刺激性變搖ノ目標トシタ。

兩種實驗ノ結果ヲ總覽スルニ、一般ニ RC ノ小サイ程、即チ放電ノ時間的経過ガ急激ナ程、一定ノ中斷時間 t = 對スル V_a ハ増大スル。併シ其際使用セラレタ電氣量ハ相互ニ相等シク、且ツ t ヲ利用時トスル直角電流刺激ノ電氣量ニ等シイ(但シ RC ガ小サクテ、ソノ場合ニ於ケル容量の利用時ヨリモ、撰バレタ中斷時間ガ長イ様ナ場合、換言スレバ或時間 t = 於テ中斷ハサレテモ、得ラル、 V_a ガ全放電刺激ニヨル V_a ト同ジデアル様ナ場合ハ論外トシテ除外スベキハ勿論デアル)。但シ仔細ニ檢スレバ、第 1 群ノ實驗デ認メラレル様ニ、 RC ノ小サイモノガ常ニ僅カナガラ小サイ値ヲ取ル様デアル。恐ラク刺激電流ニ對スル分極ノ影響ガ重大ナ關係ヲ持ツノデアラウ。

コノ場合「エネルギー」ニ着目スレバ第 11 圖ノ如キ關係が見ラレル。

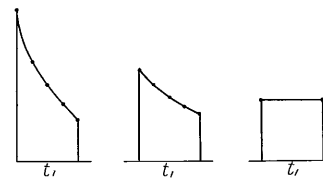
ノ電氣量トハ、略々相等シイモノガアル様デアル。殊ニ RC ノ大キイ、即放電經過ノ緩カナ電流ノ場合ニソウデアアル。 RC ガ小サクテ放電經過ノ急ナ電流デハ、容量の利用時決定ニ附隨スル誤差範圍ノ判定ガ甚ダ困難デアル上ニ、擊縮高ガ大キイ爲カ、一聯ノ實驗中、一定ノ被刺激性(又ハ興奮性)ヲ恒常ニ保ツテ居ル標本ハ得ラレナカツタノデ、判然トシタ結果ガ得ラレナカツタ。併シ大體ニ於テ放電經過ノ急激ニナルニ從ツテ、兩種刺激ニ於ル所要電氣量ノ差ガ、系統的ニ増スラシイ。コノコトカラ考ヘレバ RC ノ大キイ場合ニ、兩種電流刺激ニ由ル、所要電氣量ガ相等シク見エタノモ、或ハ兩者ガ量的ニ相接近シタニ過ギナイノカトモ考ヘラレル。

(iii) 一定時間デ中斷スル部分放電々流刺激ト直角

電流刺激トノ關係

上述ノ通り、上記 (i) (ii) ノ實驗ノ遂行ガ甚ダ困難ナノ

第 10 圖



デ、次ノ様ナ實驗ヲ行ツタ。即チ先ツ或時間 t_1 = 對スル直角電流刺激ニヨル閾値 V_1 ヲ決定シ、コノ V_1 ノ動搖ヲ以テ

第 3 表

直角電流刺激

t (msec)	i (μA)	$i \cdot t \times 10^3$
4.90	158	771
3.84	158	608
3.41	160	546
2.99	161	481
4.90	158	771
2.56	166	424
1.92	176	338
1.49	187	279
1.07	212	226
0.639	269	172
0.426	332	141
0.213	525	113
4.90	158	771
0.147	674	992
0.104	884	923

蓄電板放電刺激

全放電刺激				
C μF	R C_{100}	V_a (V)	$\frac{V_f}{V_a}$	Q_N
15.07	98.6	1.01		
0.213 msec 中 断 μE				
15.07	98.6	3.32	0.998	0.107
4.38	28.7	3.32	0.993	0.104
1.97	12.9	3.49	0.984	0.113
0.90	5.88	3.49	0.965	0.112
0.40	2.62	3.52	0.922	0.110
0.10	0.654	3.89	0.722	0.108
0.05	0.327	4.62	0.521	0.111
0.02	0.131	6.66	0.196	0.107
4.38	28.7	3.39	0.993	0.110
15.07	98.6	3.39	0.998	0.110
0.426 msec 中 断 μE				
15.07	98.6	2.05	0.996	0.130
1.97	12.9	2.12	0.967	0.136
0.90	5.88	2.15	0.930	0.135
0.40	2.62	2.23	0.850	0.134
0.10	0.654	2.80	0.522	0.134
0.05	0.327	3.62	0.272	0.132
0.02	0.131	6.09	0.0387	0.117
15.07	98.6	2.06	0.996	0.130
0.639 msec 中 断 μE				
15.07	98.6	1.61	0.994	0.163
1.97	12.9	1.66	0.952	0.158
0.90	5.88	1.70	0.897	0.159
0.40	2.62	1.82	0.703	0.158
0.10	0.654	2.51	0.376	0.157
0.05	0.327	3.47	0.142	0.149
0.02	0.131	6.13	0.0075	0.122
15.07	98.6	1.61	0.994	0.163
0.852 msec 中 断 μE				
15.07	98.6	1.39	0.9914	0.180
1.97	12.9	1.41	0.936	0.178
0.90	5.88	1.48	0.865	0.180
0.40	2.62	1.60	0.722	0.177
0.10	0.654	2.37	0.272	0.173
0.05	0.327	3.43	0.0269	0.159
0.02	0.131	6.09	0.0015	0.122
15.07	98.6	1.38	0.9914	0.179

128 msec 中 断 μE				
C	RC	V_a	$\frac{V_f}{V_a}$	Q_N
15.07	98.6	1.18	0.987	0.241
1.97	12.9	1.15	0.906	0.215
0.90	5.88	1.32	0.805	0.235
15.07	98.6	1.17	0.987	0.239
0.90	12.9	1.29	0.805	0.227
0.40	2.62	1.47	0.614	0.227
0.10	0.654	2.37	0.142	0.203
0.05	0.327	3.43	0.0200	0.175
0.02	0.131	6.21	0.00053	0.124
15.07	98.6	1.17	0.987	0.239
1.71 msec 中 断 μE				
15.07	98.6	1.06	0.983	0.275
4.38	28.7	1.09	0.942	0.276
1.97	12.9	1.13	0.876	0.278
0.90	5.88	1.21	0.748	0.273
0.50	3.27	1.35	0.594	0.274
0.40	2.62	1.41	0.521	0.271
0.10	0.654	2.37	0.0736	0.220
0.02	0.131	6.13	2x10	0.123
15.07	98.6	1.05	0.983	0.274
2.131 msec 中 断 μE				
15.07	98.6	1.01	0.979	0.327
4.38	28.7	1.03	0.929	0.323
1.97	12.9	1.08	0.847	0.326
0.90	5.88	1.16	0.676	0.318
0.40	2.62	1.41	0.443	0.314
15.07	98.6	0.996	0.979	0.321
2.77 msec 中 断 μE				
15.07	98.6	0.995	0.972	0.408
4.38	28.7	1.00	0.908	0.400
1.97	12.9	1.05	0.806	0.402
0.90	5.88	1.16	0.624	0.392
15.07	98.6	0.995	0.972	0.408

全放電刺激

C	RC	V_a	Cv
15.07	98.6	0.940	14.2
4.38	28.7	0.965	6.23
1.97	12.9	1.05	2.08
0.90	5.88	1.17	1.05
0.40	2.62	1.40	0.562
0.10	0.654	2.29	0.229
0.05	0.327	3.38	0.168
0.02	0.131	6.03	0.121

直角電流刺激

t	i (μA)	$i \cdot t$
4.90	154	757
3.84	150	577
2.77	150	417
1.92	154	396
1.49	167	249
1.07	190	202
0.639	266	170
0.426	306	130
0.213	493	105
4.90	143	699

$\frac{V_f}{V_a}$ 有効最終電圧ノ意味、 $\frac{V_f}{V_a}$ 初電圧

D. 總 括

液體電極ヲ通ジテ、蓄電板全放電ヲ流ヲ送り、蛙ノ縫匠筋ヲ直接ニ刺激シ、又ハ坐骨神經一腓腸筋一標本ノ神經ヲ刺激シテ、筋ノ所謂最小攣縮ヲ目標トシツテ V_a (初電壓)、C (容量)、R (放電回路抵抗) 間ノ關係ヲ追求シテ、次ノ結果ヲ得タ。

(i) 筋ノ直接刺激ノ場合ハ最小攣縮トシテ 1μ 附近ノ小サイ攣縮ガ認メラレルニ對シ、神經刺激デハ $1/2\text{mm}$ 程

度ノモノガ最小攣縮トシテ認メラレタ。

(ii) 放電回路、即チ刺激回路ノ RC ノ變化ニ對スル V_a ノ變化ノ追究ニ際シ、 RC ノ大キイモノカラ順次小サイモノニ移行スルニ、ソレニ應ジテ V_a ガ次第ニ高クナルト共ニ、目標トスル最小攣縮其モノガ、階段的ニ増大スル。

以上 (i)(ii) ノ成績ハ直角電流刺激實驗 (6) ノ場合ニ得タ成績ト同様ノ所見デアル。

(iii) RC ノ値ガ一定デアレバ、 R 及 C ノ個々ノ値ニ關セズ、同一標本デハ同一ノ V_a デ閾攣縮ガ起ル。

(iv) 容量の基電壓 V_{ar} ノ實驗の決定ニ際シテ必要ノ容量値 C ハ、 R ノ大小ニヨツテ異ナル。 V_{ar} ハ RC ノ値ガ充分大ナル時、始メテ一義的ニ決定サレル。

(v) R 一定ノ場合ノ $V_a/V_{ar} \cdot C-C$ 關係ハ、或範圍内デハ直線ト見做サレルガ、廣イ範圍ヲ見渡セバ、常ニ幾分上凸ノ傾向ヲ示ス。

(vi) C 一定ノ場合ノ $R-C$ 關係ハ双曲線關係デアリ、從テ $RC-C$ 關係ハ直線關係ヲ示ス。

(vii) 從來專ラ探究サレタ V_a-C 曲線、或ハ $V_a/V_{ar}-C$ 曲線ヨリモ、 $V_a/V_{ar}-RC$ 曲線ヲ以テ事ヲ論ズルヲ合理的ト考ヘル。

(viii) 實驗結果ハ或範圍デ

$$\frac{V_a}{V_{ar}} \cdot RC = a' + b' RC$$

ナル實驗式即直角電流刺激ノ場合ト同形式ノ實驗式ニ適合スル。從テ蓄電板放電々流刺激ニ際シテモ $\sqrt{a'}$ ヲ以テ、強サ (V_a) 期間 (RC) 曲線ノ代表トスルコトヲ提唱スル (前報 (6) 参照)。

(ix) 同一標本ニ於テ、直角電流刺激ト放電々流刺激トヲ併セ行フニ、 $i/i_r = V_a/V_{ar} = n$ ナル點ノ t_n ト (RC) $_n$ トノ比ハ α ト a' ノ比デ表ハサレル。從テ蓄電板放電々流刺激ノ基電壓ノ 2 倍ノ部ノ容量値ト、直角電流刺激ノ場合ノ時値トノ間ニ、一定ノ普遍的關係ガアルトハ考ヘラレナイ。

次ニ部分放電々流刺激ニヨル所見ヲ總括スレバ、

(i) 蓄電板全放電電流中、有效ニ働イテ居ル部分ノ初電壓ト、終電壓トノ差ハ、 RC ノ大キイモノ程少ナイ。

(ii) 容量の利用時ハ RC ノ小サイモノ程短イ。

(iii) 蓄電板部分放電刺激ニ於テ、有效ニ働イテ居ル部分ノ電氣量ハ、 RC ノ大キイ場合程大デアル。此際容量の利用時ト有效作用部分ノ電氣量ハ直線關係ヲ示ス。

(iv) 放電々流刺激ノ有效作用部分ノ電氣量ト、ソレノ容量の利用時ニ等シイ持續時間ヲ有ツ直角電流刺激閾値ノ電氣量トハ、 RC ノ大キイ場合ニハ略相等シイ。

(v) 容量の利用時ノ等シイ種々ノ放電經過ヲ有ツ刺激電流ノ電氣量ハ、 RC ノ大キイ場合ニハ略相等シイ。

稿ヲ終ルニ當リ、橋田教授、山極助教授、若林講師及教室員各位ノ御教導ヲ深謝ス。

文 獻

- 1) Cybulski, N und Zanietowski, J. (1894) : Pflügers Arch. 56
- 2) Bourgnignon (1923) : La Chronaxie chez l'homme.
- 3) Hermann, L. (1905) : Pflügers Arch. 109, 111.
- 4) Hoorweg, J. L. (1892) : Pflügers Arch. 52, 110, 124.
- 5) Lapique, L. (1926) : L'excitabilité en fonction du temps.
- 6) 木林富士郎 (昭和 13 年) : 日本生理誌 3
- 7) Wago, U. und Wakabayashi, T. (1937) : Jap. J. of Med. Sci., (III) Biophysics IV.
- 8) 和合卯太郎 (昭和 13 年) : 日本生理誌 3

筋ノ潜刺激時(第3報) 612. 741. 7.

日本醫科大學生理學教室

竹内剛

I. 前 言 葉

筋ノ潜刺激時ヲ描カレタ收縮曲線カラ測定シヨウトスル時ニ、收縮曲線ガ急激ナ角ヲナシテ上昇ヲ開始セズ、最初ハ次第ニ傾斜ヲ増シテ來ル爲メニ、常ニ最初ノ微小ナ上昇ガ見ノガサレルカラ、如何ナル方法ヲ以テシテモ誤差ガ避ケラレナイ。

第1報(3)及ビ第2報(2)ニ於テコノ際ニ現レル誤差ノ系統性ヲ追求スル事ニヨツテ眞ノ誤差ヲ外挿的ニ求メヨウトシタ。

第1報ニ於テハ曲線ノ高サ、從ツテ傾斜ノ大小ニ從ツテ一定ノ關係アル事ヲ知り其ノ實驗式カラ高サ無限大ノ所ニ眞ノ値ヲ求メヨウト試ミタ。

第2報ニ於テモ種々ノ場合ニ就テ同様ノ實驗ヲ重ネ結論トシテ、等シイ潜刺激時ヲ持ツ管デアリ然モ高サノ異ル三ツ以上ノ曲線ガアレバソレカラ眞ノ潜刺激時ガ外挿セラレルデアラウト述ベテ居ル。

然シ彼ノ方法ハ或ル場合ニハ甚ダ不都合ヲ感ゼシメル。

ソレハ潜刺激時ガ確ニ等シイ管ノ三ツノ曲線ヲ得ル爲メニハソノ三ツノ曲線ヲ描カセル操作ノ間、潜刺激時ガ一定デアツテ呉レナケレバ困ル。

例ヘバ麻醉時ニ於ケル潜伏時間ヲ追求セントスル場合ニ麻醉ハ時々刻々ト進行シテ行クカラ、或ハ潜刺激時モ時ト共ニ變ルカモ知レナイ。コノ様ナ場合ニハ彼ノ方法ハ適用出來ナイ。爰ニ於テ描カレタ唯一本ノ曲線カラ眞ノ値ヲ求メル事ヲ必要トスル事ニナル。

コノ方法ガ果シテ可能デアラウカト云フノガ本報告ノ目的デアル。

ソレニハ第2報ニ於テ佐々木ガ輕ク提議シタ所ノ3次式ノ問題ヲトリ上ゲルヨリ他ハナイ。彼ハ筋ノ收縮ノ最初ノ瞬間ハ大體同長性ノ状態ト看做シテ良イト云フ事ト、更ニ張力曲線ガ最初ノ瞬間ホボ時間ニ對シテ直線的ニ發達スルト云フ事カラ若シモ摩擦ガナイトスルナラバ

$$f = My'' = Kt \quad (t=0, y=0, y'=0)$$

ヲ解イテ $y = Kt^3$

トナル式ヲ得テ筋ノ收縮曲線ガ最初ノ部分ニ於テ時間ニ對シテ3次式ヲ以テ表ハシ得ルト云フ考ヘデアル。

コノ考ヘ方ガ正シイトスルナラバ何本モノ收縮曲線ヲ描カセテ之カラ $y = \alpha$ ナル點ヲ求メ之ガ變縮高 H ニ就テノ系統的變化ヲ求メルト云フ方法ノ代リニ、一本ノ收縮曲線ノ形ヲ最初カラ3次式ト看做シテ上昇開始部ヲ外挿的ニ求メル事モ出來ル筈デアル。

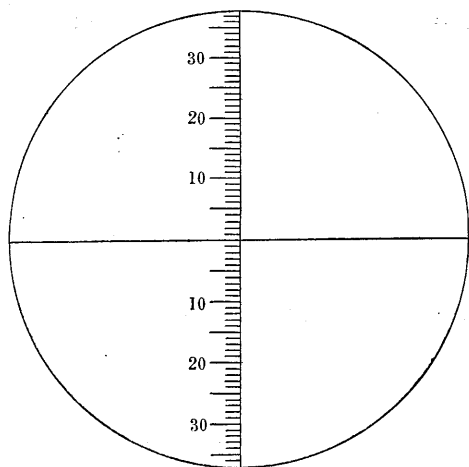
著者ハソノ意味デ次ノ方法ヲ考ヘタ。

描カレタ收縮曲線ヲ Jaquet ノ曲線分解器ノ上ニ set シ、先ヅ刺激時點ヲ求メ、次デ收縮曲線ヲ分解スル。

コノ爲メニ著者ハ Jaquet ノ曲線分解器ノ Lupe ノ中ニ第1圖ノ如キ Micrometer ヲ入レタ。コノ Micrometer ノ目盛ノ1ト見エルモノハ Lupe ノ擴大率ニ從ツテ約 1/12 mm ノ高サニ相當スル。

先ヅ十字線ノ水平線ヲ、分解シヨウトスル曲線ノ基線ト合セテ、所謂上縁法(林1)ニヨツテ曲線ノ上昇起始點ヲ

第 1 圖



求メ、次デ、Lupe ヲ移動シテ Micrometer ノ目盛ノ 1 ガ曲線ト交ル點ヲ求メ、次ニ Lupe ヲ動カシテ目盛 2, 3, 5, 8, 27, トノ交點ヲ求メル(第 2 圖).

カクノ如クニシテ得タ點ノ刺激時點トノ時差ヲ夫々 $L_0, L_1, L_2, L_3, L_5, L_8$ 及ビ L_{27} トスル.

L_0 ハ所謂上縁法ニヨル値デアリ、前述ノ誤差ヲ伴フモノデアルガ、以下ノ値ハ曲線ノ交點デアルカラ大キナ誤差ハ伴ハナイト見テ良イ. カクノ如クニシテ得タ L_1-L_{27} ハ夫々刺激時點カラ曲線ノ高サガ $1/12, 2/12, \dots, 27/12$ mm トナルマデニ要スル時間デアル.

今 3 次式ヲ之ニ入レテ見レバ夫々

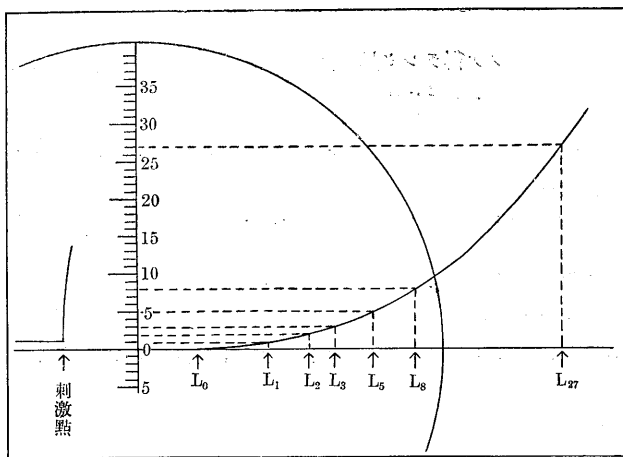
$$y = K(t - t_0)^3 \quad (t_0 \text{ ハ眞ノ潜刺激時})$$

$$L_m = t_0 + K' y_m^{1/3}$$

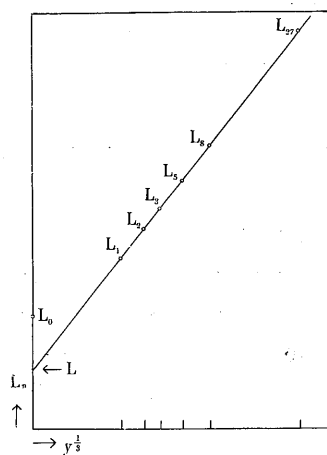
トナル譯デアルカラ横軸ニ $y^{1/3}$ ヲ取レバ第 3 圖ノ如ク夫々ノ L ハ一直線上ニ並ビ $y=0$ ノ所ニ眞ノ潜刺激時 L ガ求メラレル可キデアル(第 3 圖).

著者ハコノ方法ト佐々木ノ方法トヲ比較シヨウトシテ次ノ實驗ヲ行ツタ.

第 2 圖



第 3 圖



II. 實 驗

實驗材料トシテハスベテ冬眠中ノ蟻ヲ二、三日室溫ニ保ツタモノヲ用ヒ、ソノ坐骨神經腓腸筋標本ヲ、標本作製後少クトモ 1 時間乃至 1 時間半 Ringer 液中ニ浸シテ状態ノ平衡ニ達スルヲ待ツテ實驗ニトリカカツタ.

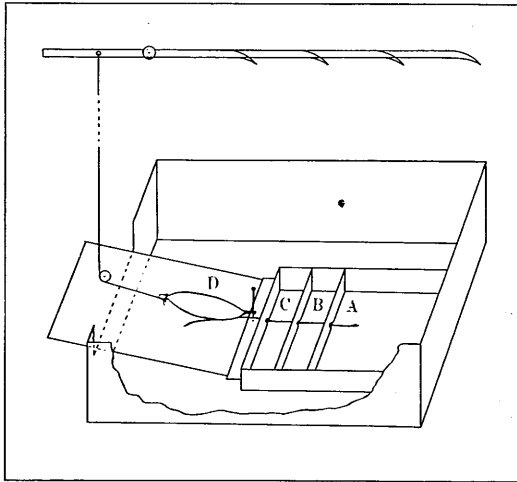
標本ハ第 4 圖ニ示ス様ニ Celluloid ヲ以テ自製シタ二重箱ニ入レタ.

神經ハ三ツニ仕切ラレタ中ノ小箱ノ小孔ヲ通シテ A 箱ニ導キ入レラレル. 箱ノ孔ハ Vaseline ヲ以テ密閉シ、各ノ小箱ニハ Ringer 液ヲ容レル.

カクノ如クシテ箱 B、及ビ A ニ電極ヲ挿入シテ液體電極トシテ刺激スルノデアル. C 室ハ後ノ實驗ニ於テ例ヘバ麻醉劑等ヲ入レル爲メノ箱デアル.

D ナル外側ノ大室ニ一端ヲ固定セラレタ腓腸筋ハ約 30 度ノ傾斜ヲナシテ置カレタ硝子板ノ上ニ横タヘ他ノ一端

第 4 圖



ハ滑車ヲ介シテ描記槓杆ニ連ナル。

D ナル箱ニモ Ringer 液ガ入ツテキテ筋ノ乾燥ガ防ガレル。

刺激ハ直立型 Inductorium (10000 回) ヲ用ヒ、橋田式廻轉描記器ノ廻轉ト共ニソノ第 1 次回路ガ開放セラレル如クシ、常ニ單一開放電撃ヲ下降性ニ與ヘタ

電源トシテ 2V 蓄電池ヲ用ヒテ初極大刺激ハ大約捲軸距離 250mm ノ近クニアツタ。

描記槓杆ハ佐々木 (2) ノ倍率ノ變化ニ用ヒラレタ物ト同ジ様ナモノデアツノ槓杆ニ 4 個ノ畫尖ヲ附シタモノデアアル。

著者ノ實驗ハ前報告ノ繼續、即チ等シイ潜伏時間ヲ有スル管デ然モ高サノ異ナル收縮曲線ヲ描キソノ各々ニ就テ前

述ノ方法ニ從ツテ曲線ヲ分解シ、筋收縮曲線ノ最初ノ部分ガ如何ナル形デアアルカヲ分析シ、且ツ高サノ異ルト共ニ如何ナル系統性ヲ有スルカヲ追求シタ。

高サノ異ル曲線ヲ描ク爲メニ著者ハ 3 種類ノ實驗ヲ試ミタ。

第 1 實驗ハ佐々木ノ倍率ノ實驗即チ同ジ條件デ起サセタ筋ノ攣縮ヲ、一ツノ槓杆ノ異ル長サニアル畫尖ヲ以テ畫カセル方法デアアル。

第 2 實驗ハ神經ノ刺激強度ヲ初極大以下ニ變化スル事ニヨツテ得ラレタ異ル高サノ曲線ヲ分解スル方法デアアル。

コノ場合電流滑走ガ相當ノ大サデアアルナラバ、刺激ノ強サニヨツテ實際ノ潜伏時間モ異ル可キデアアル事ガ要請セラレルガ、之ニツイテハ次ニ發表シヨウトシテキル論文ニ委シイ事ハ書クガ此際問題ニスル數字トハ桁ノ異ル程小サイ物デアアル。

第 3 ノ實驗ハ坐骨神經ノ末端ヲ慶應生理學教室ノ方法ニ從ツテ單一纖維トシタ標本ヲ用ヒテ畫カセタ收縮曲線ニツキ、第 1 實驗ノ如ク倍率ノ變化トノ關係ヲ求メタ。

得ラレタ結果ヲ各實驗ニツキ 1 例宛取ツテ表トシテ掲ゲル。

念ノタメニ斷ツテ置クガ著者ノ測定値ハ佐々木ノ實驗デ得ラレタ値ヨリモ遙ニ大キイガ、彼ノハ筋ノ直接刺激デアリコレハ坐骨神經ノ中樞端ヲ刺激シテノ値デアアル。

之ヲ第 3 圖ニ示シタ如キ方法デ縱軸ニ得ラレタ時間 L_n 横軸ニ曲線ノ基線カラノ距離ノ 3 乗根ヲトツタモノヲ描イテ見ルト第 5、第 6、及ビ第 7 圖ヲ得ル。

第 1 表
倍 率
實 驗 番 號 13.3.10

	0	1	2	3	5	8	27	H	a	b
I	23.99	29.30	31.89	34.65	37.93	41.24	53.76	1.43	16.73	12.33
II	24.20	31.41	34.28	36.58	39.94	43.62	57.58	1.10	17.70	13.18
III	26.20	33.47	36.84	39.00	43.22	47.09	62.40	0.80	18.39	14.57
IV	26.50	36.46	40.10	42.75	46.44	50.83	67.85	0.58	20.09	15.74

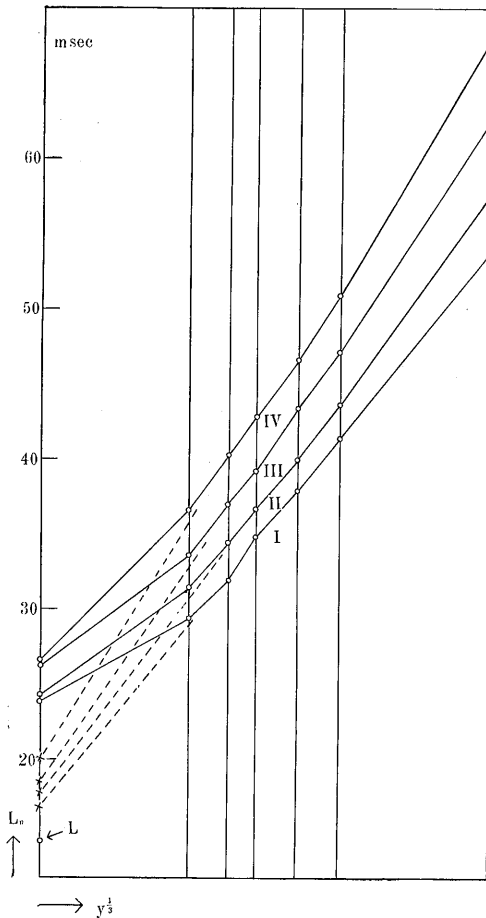
刺激ノ強サヲ變ジタ場合
實驗 番 號 13.3.2

	0	1	2	3	5	8	27	H	a	b
I	24.20	25.99	27.40	28.60	30.00	32.40	39.40	2.01	18.88	6.77
II	27.60	29.40	31.40	33.00	35.40	37.80	46.40	1.22	20.76	8.53
III	29.40	35.00	38.00	40.40	43.50	47.60	62.00	0.57	20.89	13.56
IV	31.30	38.00	42.60	45.80	51.60	59.60	92.00	0.21	7.39	32.92

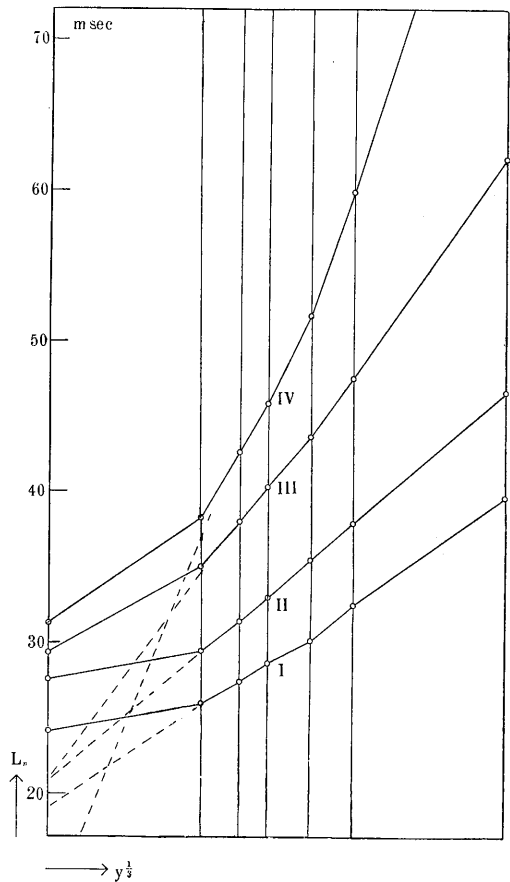
單 一 神 經 (倍 率)
實 驗 番 號 13.3.10

	0	1	2	3	5	8	27	H	a	b
I	45.40	48.25	49.98	50.64	51.80	53.40	57.78	2.05	43.89	4.66
II	46.20	50.25	52.60	54.60	57.30	60.50	71.00	1.91	39.67	10.44
III	46.40	52.40	56.20	59.00	62.40	67.00	83.70	0.92	36.35	15.62
IV	49.00	54.30	58.50	62.20	68.00	74.00	100.20	0.51	29.54	23.05

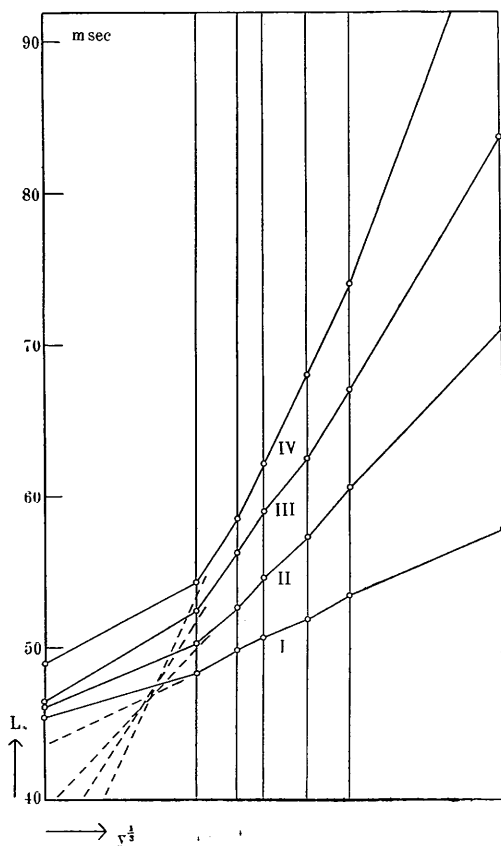
第 5 圖



第 6 圖 (刺激ノ強サヲ變ヘタ場合)



第 7 圖 (單一神經, 倍率)



圖ニモ明カナ如ク、上縁法ニヨツテ求メタ L_0 點 (之ハ $y=0$ ノ部分ニ描イタ) 以外ハ少シク上ヘ曲ツテキルガ、ホバ一直線上ニ並ブ。故ニ之等ヲ

$$L_m = a_m + b_m y^{1/3}$$

ナル直線ト看做シテ a, b ヲ最小自乘法ヲ求メテ見ルト同表ノ最後ニ附記シタ如クニナル。

コヽニ求メラレタ a ハ前述ノ如ク、收縮曲線ガ正シク時間ニ關シテ 3 次式ヲ表ハセルモノトスレバ、外挿セラレタ眞ノ潜伏時デナケレバナラナイ。

然モ條件ノ等シイ、高サダケ異ル各ノ曲線ニツイテ得ラレタ値ハ孰レモ等シイ値ヲ取ラナケレバナラヌ譯デアル。

所ガ上ノ表ニ見ラレル如ク、曲線ノ高サノ異ルニ從ツテ a ガ異ツタ値トシテ得ラレ、然モ高サノ小サクナルニ從ツテ共ニ系統的ニ變化シテ居ル事ヲ見ル。

之ハツマリ筋ノ收縮曲線ガ 3 次式ヲ表ハサレルト考ヘタ最初ノ假定ニ戻ツテ之ヲ吟味シテ見ナケレバナラヌ事ヲ示シテキル。

III. 論 述

收縮曲線ガ 3 次式ヲ以テ表ハセルカモ知レナイト云フ事ハ前言葉ニ於テ論ジタ様ニ張力曲線ガ $f = Kt$ ト云フ如クニ發達スルト假定シ、シカモ同装置ニ摩擦ガナイト假定シタ時ニ豫期セラレル關係デアル。

所ガ静止シテキル物ノ運動ニ於テハ静止ノ摩擦ト運動ノ摩擦トヲ考慮シナケレバナラナイ。静止ノ摩擦ハ次第ニ増シテ來ル外力ニ對シテハ、ソノ力ガコノ摩擦力ニ打チ克ツマデ運動開始時間ガオクレルト云フ條件トシテ問題トナルノデ、運動方程式中ニ入ツテ來ルノハ運動ノ摩擦ノミデアル。

然シ今著者等ガ問題ニシテキルノハ收縮ノ最初ノ瞬間デアリ、運動速度ハ甚ダ小ナル部分デアルカラ速度ニ比例スル運動摩擦ハ先ヅ微小ナモノトシテ考ヘノ外ニ置ク事トシテ、第一近似的ニ或ル有限ノ静止ノ摩擦ノ存在ヲ假定シテ見ヨウ。

或ル有限値 r ダケノ静止ノ摩擦ヲ假定スレバ、コノ装置ハ張力 f ガ r ヲ超ス瞬間マデハ運動ヲ開始シナイ。(第 8 圖)

運動方程式ハ

$$My'' = r + K(t - t_1) \quad (r = Kt_1)$$

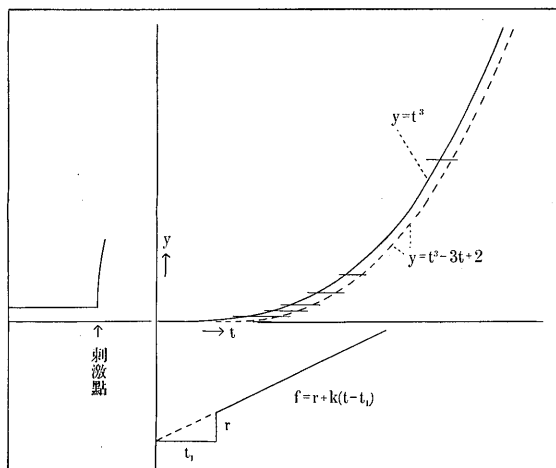
之ヲ解ケバ

$$y = \frac{K}{6M}(t^3 - 3tt_1^2 + 2t_1^3)$$

ナル式ヲ得ル。前述ノ 3 次式ニ對シテ若干ノ補正ガ要ル事トナル。

今 $t_1 = 1 \text{ msec}$. $\frac{K}{6M} = 1$ トシテ graph ヲ描イテ見ルト第 8 圖ガ得ラレル。

第 8 圖



圖ニ於テ實線ハ $y=t^3$ ノ曲線デ點線ガ補正セラレタ値
 $y=t^3-3t+2$ デアル

從ツテ著者ノ方法デ分解シテ得ラレタ値ヲ第3圖ノ
 如キ方法デ graph ニシテ見ルト第9圖ノ如クニナリ、
 補正セラレタ曲線ニ就テ得タ値モ亦少シク上向キニ曲
 ツテハキルガ大約直線的關係ニアル事ガ知ラレル。

著者ノ實驗結果トモ甚ダ類似シテキル。

著者ノ實驗ガ果シテス様ナ關係ニアルモノトスレ
 バ、圖ガ示ス如ク之等ヲ直線トシテ外挿サレタ値 L'
 ハ眞ノ潜伏時ヨリモ大ナルモノヲ得ル事ニナル。

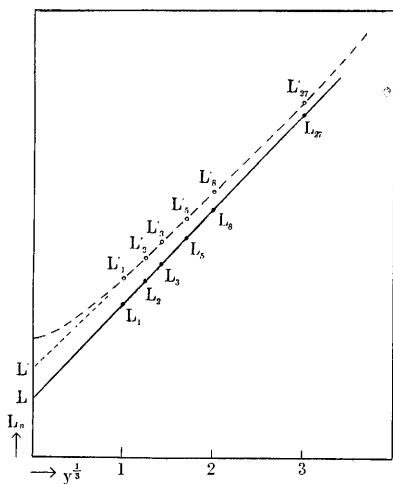
然モ其ノ様ニシテ得タモノハ當然高サノ異ル收縮曲
 線ニヨツテ異ル事モ豫想セラレル。

コノ様ニシテ收縮曲線ヲ3次式ト看做シテ、1本ノ

收縮曲線カラ外挿スル方法ハ、装置ノ摩擦ヲ考ヘニ入レレバ適當デナイ事ニナルガ、所謂上縁法ヲ用ヒテスル直接ノ
 測定ヨリハ遙ニ小サイ誤差トナル事ハ圖 5, 6, 7 カラ見テモ明カデアル。

然モ静止ノ摩擦ガ問題トナルトスレバ實際ニ於テ筋ノ收縮曲線ソノモノハ眞ノ收縮開始時ヨリモ若干ノ遅レヲ以テ
 上昇ヲ始メルノデアルカラ、收縮曲線ヲ分析シテ潜伏時ヲ測定シヨウトスル限リニ於テ、上昇開始部ガ如何ニ正確ニ
 求メラレタニシテモ、コノ意味ノ誤差ハ必ず伴フ事ニナル。

第 9 圖



最後ニ著者ノ提出シタ補正ノ式デアルガ試ミニ最初ノ倍率ノ實驗ニ
 於テ計算ヲホドコシテ見ルト異ル擴大率ノ曲線 I, II, III, IV, ニ就テ
 夫々近似値トシテ 13.0, 14.4, 14.8, 15.8 msec ヲ得タ。

第1表ニ於ケル a ノ値ニ比較シテ遙ニヨク一致シテ居ル。

之等ノ平均値 14.5 msec ガ著者ノ得タ最モ確ラシイ潜刺激時ト看做
 シテ差支ヘナイデアラウ。

參考ノ爲ニコノ値ヲ第5圖ニ○印トシテ書き入レテ置ク。

IV. 結 論

收縮曲線カラ潜伏時間ヲ求メヨウトスル時ニハソノ方法ノ如何ニ拘
 ラズ常ニ一定ノ誤差ガ伴フ。

コノ誤差ニハ2ツノ種類ガアル。

第1ノソレハ曲線ノ上昇ガ最初甚ダ緩ニ初マル事ニヨルモノデアツ
 テ、直接法ヲ用ヒル限リハ如何ナル方法ヲ以テシテモ避ケラズ、且

ツツノ誤差ハ曲線ノ大キサガ異ルニ從ツテ系統的ニ變化スルカラ、他ノ値ト比較スル事ガ出來ナイ。

前報告ノ如クニ等シイ潜伏時ヲ持チ、然モ高サノ異ルイツツカノ曲線ヲ得タ場合ニハ之等カラ外挿ノ確ラシイ値
 ヲ得ル事ガ出來ルガ今回ノ報告ノ如ク1本ノ曲線カラデモソレヲ分析シ外挿スレバ少クトモ直接求メタモノヨリモ誤
 差ヲ減ズル事ガ出來ル。

第2ノ原因ハ装置ノ摩擦ニヨツテ實際ニ收縮曲線ノ上昇ガ眞ノ收縮開始時ヨリモ遅レテ起ル事ニヨル。

コレハカクシテ描カレタ曲線ヲ以テスル限リ測定誤差ガ全然ナカツタトシテモ避ケラレナイ誤差デアル。

コノ第2ノ原因ヲ考慮ニ入レテ著者ハ筋ノ場合3次式ノ代リニ

$$y = K(t^3 - 3tt_1^2 + 2t_1^3)$$

ナル式ヲ提出シタ。

コノ關係ヲ用ヒテ計算ヲホドコスナラバ第1ノ誤差ハ勿論同時ニ第2ノ誤差ヲモ消去スル事ガ出來ルデアラウ。

V. 概 要

前報告ニ引キツヅキ墓ノ坐骨神經腓腸筋標本ヲ用ヒテ、著者ハ測ラレタ潛刺激時ニ起ル系統的誤差ヲ追求シヨウト試ミタ。

先ヅ倍率ヲ變ジテ異ル高サノ收縮曲線ヲ用ヒル方法、次ニ刺激強度ヲ變ヘテ同様ノモノヲ描カセル方法、最後ニ單一神經標本ヲ用ヒテ倍率ヲ變ズル方法ノ三ツノ方法ニヨリ夫々等シイ潜伏時ヲ持ツ筈デアリ、然モ高サダケノ異ル4本宛ノ收縮曲線ヲ得タ。

次ニ著者ハコノ曲線ニ就キ、所謂上縁法ニ從フ潛刺激時ヲ求メ、次デ曲線ノ形ヲ分析シタ。

カクシテ著者ハ收縮曲線ガ3次式デ表セルト假定シテ1本宛ノ曲線ヨリ潜伏時ヲ外挿スル方法ヲ試ミ夫等ノ値ヲ比較シタ。

最後ニ著者ハ裝置ノ摩擦ト云フモノヲ考慮ニ入レテ論述ヲ試ミタ。

稿ヲ終ルニ臨ミ戸塚教授ノ御懇篤ナル御指導ト御校閱ニ對シ限リナキ感謝ヲ捧グ。

文 獻

- 1) 林 水 源 (1936) 日本生理誌 **1**, 223
- 2) 佐々木四郎 (1936) 日本生理誌, **1**, 344
- 3) 戸塚武彦—佐々木四郎 (1935) 日醫大誌 **6**, 295

編 輯 部 ヨ リ

△コレデ第3巻ガ完結シマス。トニカク生理學雜誌ハ3年ノ年ヲ取りマシタ。

△生理學會評議員會ノ決議ニ從ツテ來年度カラ會費モ値上ゲニナリマスガ、同時ニ原著投稿ノ最初ノ2 page ハ無料ニスル豫定デアリマス。短イ原著ヲ特ニ歡迎スル主旨モ含マレテキルコトト思ヒマスカラ何卒奮ツテ御投稿下サイ。

ソレト同時ニ從來ノ意味ノ抄録モ繼續スルコトニナツテキマス。此頃コノ抄録欄ガ甚ダ奮ヒマセン。

日本ニ於ケル生理學ノ、スベテノ文獻ヲ網羅スルコトヲ目的トシテキルノデスカラ、假令ドノ様ニ簡單ナモノデモ結構デスカラ、何時何々雜誌ニドシテナ原著ヲ載セタカト云フ事ダケデモオ知ラセ下サル様ニオ願ヒシタイト思フノデス。

△國策ノ線ニ沿ツテ來年カラハ多分紙質等ニ多少ノ變更ハ免レナイト思ヒマス。豫メオ含ミ置キ下サイ。決定次第改メテオ知ラセ致シマス。

△年内ニ來年度會費ヲ請求セラレルデセウ。今度ハ滯納者ノナイ様ニオ願ヒイタシマス。(T.T.)

昭和13年11月20日印刷

昭和13年11月25日發行

編輯兼發行者 橋田邦彦
東京帝國大學醫學部生理學教室

印刷者 島連太郎
東京市神田區美土代町16番地

印刷所 三秀舎
東京市神田區美土代町16番地

日本生理學雜誌 第3巻 第6號

定價(1年分前金6圓,1部金1圓)

發行所 大日本生理學會
事務所 東京帝國大學醫學部生理學教室
振替東京 86430 番 電小石川 7524

發賣所 岩波書店
東京市神田區一ツ橋通町
電話九段(33) 代表 0187(4)
番號
振替口座東京 26240 番

内 容 (第 3 卷第 6 號)

原 著

	頁
石 川 勲 : 骨格筋ニ於ケル燐原質ノ研究 (4) 負荷ニヨリ機械的張力ヲ受ケツツ アル一沃度醋酸中毒筋ノ活動時ノ燐原質消費ニ就テ……………	363
山 口 周 正 : 電氣及機械曲線ヲ指標トセル Curare ノ心臟作用ニ就テノ研究……………	369
本 林 富 士 郎 : 筋ノ強サ- 期間- 曲線……………	379
本 林 富 士 郎 : 神經ノ強サ- 期間- 曲線……………	394
本 林 富 士 郎 : 筋及神經ノ V-RC- 曲線……………	399
竹 内 剛 : 筋ノ潛刺激時 (第 3 報)……………	412

附 録

日本生理學雜誌第 3 卷總目次