

## 網膜遮光による人体安静骨格筋・神経の興奮性の変化

第 I 報 網膜遮光と安静大腿直筋の  $V/V_r$  とについて

(人体の筋・神経の興奮性の研究 第35報)

昭和34年7月2日受付

信州大学医学部第一生理学教室 (主任: 和合卯太郎教授)

研 究 生 清 水 道 男

## Change of Excitability of Skeletal Muscle and Nerve in Man when no Light came to Retina

Part 1: Change of  $V/V_r$  Value of Unfatigue Skeletal Muscle when no Light came to Retina

(Studies on the Excitabilities of Nerve and Muscle in Man, XXXV)

Michio Shimizu

Department of Physiology, Faculty of Medicine, Shinshu University  
(Direct. Prof. U. Wago)

## I 緒 言

1931年及1939年和合・若林<sup>①②</sup>は電圧 (V) 測定の前後に必ず rheobase ( $V_r$ ) を測定し、内挿法によって、電圧 (V) に対応する基流 ( $V_r$  corresp.) を算出し、これを  $V/V_r$  corresp. ( $V/V_r$  と略称) であらわせば、 $V_r$  が変化するにも拘わらず、強さ期間曲線即ち  $V/V_r-t$  関係はよく Weiss の式に一致すると報告している。又和合<sup>④</sup>は単一筋線維を蓄電板で刺激し、電圧を  $V/V_r$  で表わせば Hoorweg の実験式と一致する電圧容量曲線を観ている。

さらに和合<sup>⑤</sup>は健康人の m. extensor pollicis longus, n. femoralis および m. rectus femoris の蓄電板放電刺激による電圧容量曲線を求め、その結果その曲線は、それぞれの被験者については同一条件下では常に一定の関係を示し、 $V/V_r$  値は  $\pm 1.5\%$  の誤差範囲内で、正常時常に一定である事を報告している。

その後、測定に長時間かかる  $V/V_r-c$  曲線の代わりに、2~3分間で測定し得る 1.0, 0.5  $\mu FV/V_r$  法又は 0.75  $\mu FV/V_r$  法を考案し、これによつて骨格筋の軽度疲労を興奮性の低下として測定している。

この  $V/V_r$  法を使用して、人体の精神疲労が間接に骨格筋疲労として出現する事を、和合は1954年<sup>⑥</sup>に報告している。

著者はこの  $V/V_r$  法による疲労曲線とは正反対の、網膜遮光による光刺激の除去が、骨格筋の興奮性に及ぼす変化を観察した。

## II 実験方法

A  $V/V_r$  値の測定装置

測定装置は第一図に示す通りで、東式ペンデル中の両接触子  $K_1, K_2$  を、 $K_1, K_2$  の順に閉じて、蓄電板 C を充電し、約 0.4~0.5 秒後両接触子を同じ順に開いて放電し、これを m. rectus femoris 及 n. femoralis の刺激点を負として、 $V/V_r$  値を測定した。回路基の他の絶縁には充分注意した。

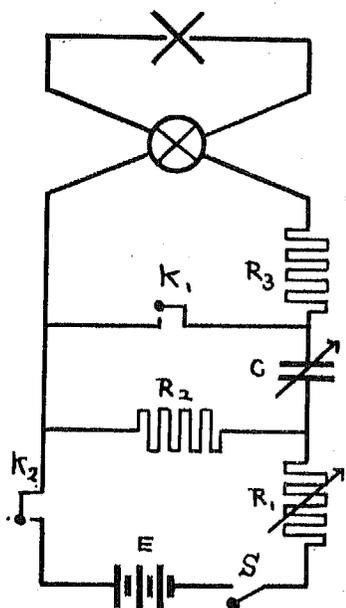
## B 被験者その他

被験者としては健康な若い人を選んだ。測定には被験者の食後2時間以上を経過し、その間喫煙、談話を禁じ、つとめて静粛を保たせた。

被験者は寝台上に仰臥させ、m. rectus femoris の場合は、下腿部を寝台の縁に沿つて、上腿部と下腿部とを中間肢位をとるように懸垂させた。m. extensor pollicis longus の時は上肢を寝台の上に体と平行に出させ、腕部の不安定をなくすために、前腕を周囲から布で軽く固定した。此の際身体の各部全体に、力を入れないよう注意を与えた。興奮示標は、m. rect. fem. 又は m. ext. poll. long. のみの収縮による下腿部又は拇指伸展の最少運動とした。

第一図の刺激回路に於て、 $R_2 = 1.000\Omega$ ,  $R_3 = 10.000\Omega$  とした。電極はその分極作用を除くため容量の充分大きい純銀板を使用した。

不閃電極は長さ 10cm, 巾 6cm, 厚さ 1mm の方形板、これを腰部中央平坦な部分に当て、Ringer 氏液



第一図

- ×: 筋 及 神 經
- ⊗: 方 向 転 換 器
- $R_3$ : 固 定 抵 抗 (10,000 $\Omega$ )
- $R_2$ : 固 定 抵 抗 (1,000 $\Omega$ )
- $R_1$ : 可 変 抵 抗
- C: 可 変 蓄 電 器
- $K_1$ : 電 鍵
- $K_2$ : 電 鍵
- E: 電 源
- S: ス イ ッ チ

を浸したガーゼ3~4枚を当て、これを充分密着固定した。刺激電極は直径1.2cm、厚さ1mmの円板を使用した。刺激電極を n. femoral., m. rect. fem. 又は m. ext. poll. long. の刺激点に当て Ringer 氏液に浸したろ紙2~3枚を中間に挿入し、絆創膏で密着固定した。実験の初めは 0.75 $\mu$ FV/Vr 法にて測定したが、変動がわずかであつたため、後は 0.5 $\mu$ FV/V 法によつた。組織に生ずる分極の影響を出来得るだけ少くするため、一回の通電の後必ず逆方向に同一強度の電流を通じた。

### C 網膜遮光の方法

ガーゼ5~6枚の上に厚いラシヤの布を重ね、これを眼部に覆つて遮光した。

### D 光の強弱

遮光する前の眼に到達する光の光度を測定し、20~

40分間同一光線を当てたのち、室内光線を暗膜下で一定時間遮光した。光度は5~11.000luxの間かえた。

## III 実験成績

寝台上に安静に仰臥させた被験者の m. rect. fem., n. femoral. 及 m. ext. poll. long. の正常値を測定し、引続いて遮光し、5分後に第一回測定を行い、その後5分間の間隔を置いて6~9回、30~50分間反覆測定をした。m. rect. fem. 及 n. femoral. について測定したときは毎回の測定後、懸垂した下腿部を椅子の上にあけて休息させた。m. ext. poll. long. のときは手部はそのまま寝台上におかせた。遮光時に於いて30~50分間測定後、目覆を除くと同時に V/Vr 値を測定し、その後2分間隔で V/Vr 値が正常値に戻るまで測定をつづけた。遮光中の V/Vr 値は、第二図並に第一表に示すように遮光と同時に徐々に下降し、20~30分で最少値に達した。以後更に遮光を続けてもこれ以下には下降しなかつた。

目覆を除くと同時に V/Vr 値は急激に上昇し、5~12分で正常値に戻つた。遮光する前の光の強弱と正常値との関係は(第三図)及(第二表、第三表及第四表)に示すように、正常値は遮光前光度の強弱に比例し、ごくわずかに即ち $\pm 2\%$ の範囲で正常値の変化が認められた。遮光中の最小値には差異はなかつたが、その最小値に達する時間は遮光前の光の強弱に著しく左右された。即ち遮光前の光が強い程最小値に達するに長時間を要した。

遮光する前の光度(L)と、遮光中最小値に達するに要する時間(T)との関係は(第四図)に示すような関係となり、この図から次の実験式を得た。

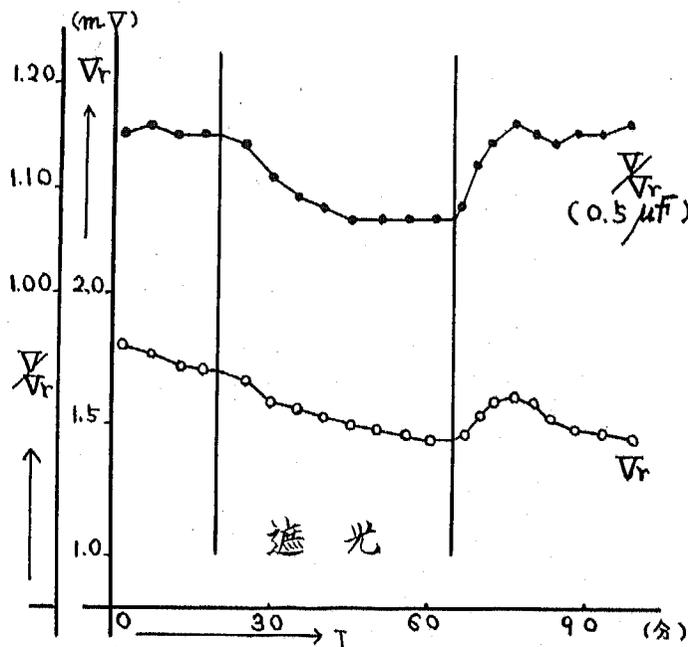
$$T = 70 \log \cdot \log (L + 10)$$

## 総 括

A 網膜遮光によつて寝台上に安静にしていた m. rect. fem. 並に m. ext. poll. long. の V/Vr 値がその期間中徐々に低下があらわれ、凡そ20~40分後に最小値に達し、そのまま持続した。遮光中止と共に速に正常値に戻つた。この時直接及間接測定共、同一の結果を得た。

B 以上は一種の暗順応と考へられ、従来の知られている暗順応及明順応とその経過は略々一致している。即ち暗順応では興奮性の上昇は除々におこり、明順応では急速に下降して正常値に戻つた。

C この V/Vr 値の変化は光によつて網膜刺激が、



第二図 大腿直筋直接測定「筋」

実験番号	日付	被験者	測定部位	方法	V/Vr 値 の正常値	遮光 時間	最低値に 達するま での時間	その時の V/Vr 値	恢復 時間
5	5/X 1955	A. O. 23才 ♂	大腿直筋直接測定	0.75 <sup>μF</sup>	1.06	30分	25分	1.02	12分
6	9/X	"	"	0.75	1.07	30	20	1.03	11
7	16/X	"	"	0.5	1.15	30	20	1.09	10
8	30/X	"	"	0.5	1.15	30	20	1.08	9
9	7/X	"	"	0.5	1.15	30	25	1.08	9
10	14/X	"	"	0.5	1.14	40	25	1.08	11
11	21/X	"	"	0.5	1.14	50	20	1.08	10
12	12/I 1956	"	"	0.5	1.14	50	20	1.08	9
18	10/I	T. H. 19才 ♂	"	0.5	1.14	50	20	1.08	10
20	26/III	"	"	0.5	1.14	40	25	1.07	9
13	19/I	A. O. 23才 ♂	大腿直筋間接測定	0.5	1.15	50	20	1.07	9
14	21/I	"	"	0.5	1.15	50	25	1.08	9
15	23/I	"	"	0.5	1.16	50	25	1.08	10
16	24/I	"	"	0.5	1.16	50	20	1.08	11
17	15/II	"	"	0.5	1.16	35	20	1.08	9
19	17/II	T. H. 19才 ♂	"	0.5	1.16	50	25	1.08	10
20	26/III	"	長拇伸筋直排測定	0.5	1.17	50	20	1.10	10
21	4/IV	"	"	0.5	1.15	35	25	1.08	7

第一表

実験 番号	日付	被験者	遮光する 前の明るさ	V/Vr 値 の正常値	遮光 時間	最低値に 達するま での時間	その時の V/Vr 値	恢復 時間
			lux		分	分		分
24 I	18/IV 1956	Y. A. 17才 ♂	50	1.13	30	15	1.08	7
24 II	18/IV	"	8,000	1.14	50	40	1.08	7
30	16/V	"	5,000	1.14	55	35	1.08	8
34 I	13/VI	"	900	1.14	50	30	1.08	7
34 II	13/VI	"	6,000	1.15	55	40	1.08	7
38 I	27/VI	"	100	1.14	35	20	1.08	6
38 II	27/VI	"	800	1.14	40	25	1.08	10
41 I	11/VII	Y. M. 21才 ♀	5	1.11	20	5	1.07	4
41 II	11/VII	"	400	1.13	40	25	1.07	6
43 I	18/VII	"	85	1.12	35	15	1.07	7
43 II	18/VII	"	1,200	1.13	45	25	1.07	7
46	1/VIII	"	3,000	1.14	55	35	1.08	7
47	8/VIII	"	1,500	1.13	55	30	1.07	7
49 I	22/VIII	"	160	1.13	40	20	1.08	7
49 II	22/VIII	"	550	1.14	50	25	1.08	8
51	29/VIII	"	2,000	1.13	55	35	1.07	8
53 I	7/IX	Y. A. 17才 ♂	300	1.13	45	25	1.08	9
53 II	7/IX	"	700	1.14	50	30	1.08	8
55 I	14/IX	H. H. 19才 ♀	100	1.13	35	15	1.08	8
55 II	14/IX	"	1,100	1.14	50	30	1.08	6
58 I	3/X	"	40	1.12	30	10	1.08	5
58 II	3/X	"	1,300	1.14	50	30	1.08	6
63 I	24/X	"	200	1.13	40	20	1.07	6
63 II	24/X	"	400	1.14	45	25	1.08	8
64 I	31/X	"	1,300	1.14	55	35	1.08	7
64 II	31/X	"	2,800	1.15	60	40	1.08	7
73 I	10/XI	Y. T. 21才 ♂	450	1.13	40	25	1.08	7
73 II	10/XI	"	1,400	1.14	50	35	1.08	8
75 I	6/XII 1957	"	10	1.11	25	5	1.08	6
75 II	6/XII	"	210	1.13	40	25	1.08	7
77 I	13/XII	"	130	1.13	35	20	1.08	6
77 II	13/XII	"	650	1.14	45	30	1.08	7
79 I	6/I	S. S. 17才 ♂	90	1.13	30	15	1.08	6
79 II	6/I	"	310	1.14	40	25	1.08	7
81 I	7/I	"	160	1.14	35	20	1.08	7
81 II	7/I	"	1,200	1.16	50	35	1.08	6
83 I	13/I	"	220	1.13	40	25	1.08	5
83 II	13/I	"	3,500	1.15	55	40	1.07	7

第二表

大腿直筋直接測定「筋」

0.5 $\mu$ F V/Vr 法

実験 番号	日付	被験者	遮光する 前の 明るさ	V/Vr 値 の正常値	遮光 時間	最低値に 達するま での時間	その時の V/Vr 値	恢復 時間
			lux		分	分		分
26	25/IV 1956	Y. A. 17才 ♂	5,000	1.14	55	35	1.08	8
32	6/V	"	4,000	1.14	55	35	1.08	8
40	4/V	"	6,000	1.14	65	40	1.08	10
42 I	11/V	"	80	1.12	35	15	1.08	4
42 II	11/V	"	180	1.13	45	25	1.08	7
44 I	18/V	"	500	1.13	40	25	1.08	11
44 II	18/V	"	1,300	1.14	50	30	1.08	8
45 I	25/V	"	250	1.13	45	25	1.07	7
45 II	25/V	"	1,500	1.14	55	35	1.07	8
48 I	8/VI	"	30	1.12	35	10	1.08	7
48 II	8/VI	"	1,000	1.14	50	30	1.08	8
50 I	22/VI	"	220	1.13	45	20	1.08	7
50 II	22/VI	"	600	1.14	55	30	1.07	7
52	20/VI	"	280	1.14	55	35	1.07	10
53 I	7/VII	Y. M. 21才 ♀	30	1.12	30	10	1.07	7
53 II	7/VII	"	600	1.13	45	25	1.07	7
56 I	14/VII	M. O. 16才 ♂	140	1.13	40	20	1.08	6
56 II	14/VII	"	230	1.13	40	20	1.08	7
57 I	28/VII	Y. M. 22才 ♀	800	1.13	45	25	1.07	7
57 II	28/VII	"	1,800	1.14	55	35	1.07	7
59	3/VIII	M. O. 16才 ♂	1,500	1.13	50	30	1.08	7
60 I	10/VIII	Y. M. 22才 ♀	220	1.12	45	25	1.07	6
60 II	10/VIII	"	650	1.13	45	25	1.07	7
61 I	10/VIII	M. O. 16才 ♂	60	1.12	35	15	1.07	7
61 II	10/VIII	"	900	1.13	50	30	1.07	7
68 I	21/VIII	H. H. 19才 ♀	40	1.11	35	15	1.07	5
68 II	21/VIII	"	750	1.13	50	30	1.07	7
69 I	28/VIII	"	450	1.12	50	30	1.07	6
69 II	28/VIII	"	4,000	1.13	60	40	1.07	8
71 I	5/IX	"	80	1.12	35	15	1.08	5
71 II	5/IX	"	2,300	1.14	50	35	1.08	7
72 I	10/IX	N. K. 17才 ♂	650	1.13	45	25	1.07	6
72 II	10/IX	"	3,300	1.14	55	40	1.07	8
74 I	6/X 1957	"	60	1.12	30	15	1.07	5
74 II	6/X	"	170	1.13	35	20	1.07	6
76 I	18/X	"	320	1.12	40	25	1.07	6
76 II	18/X	"	1,300	1.13	45	30	1.07	7

第三表

大腿直筋間接測定「神経」

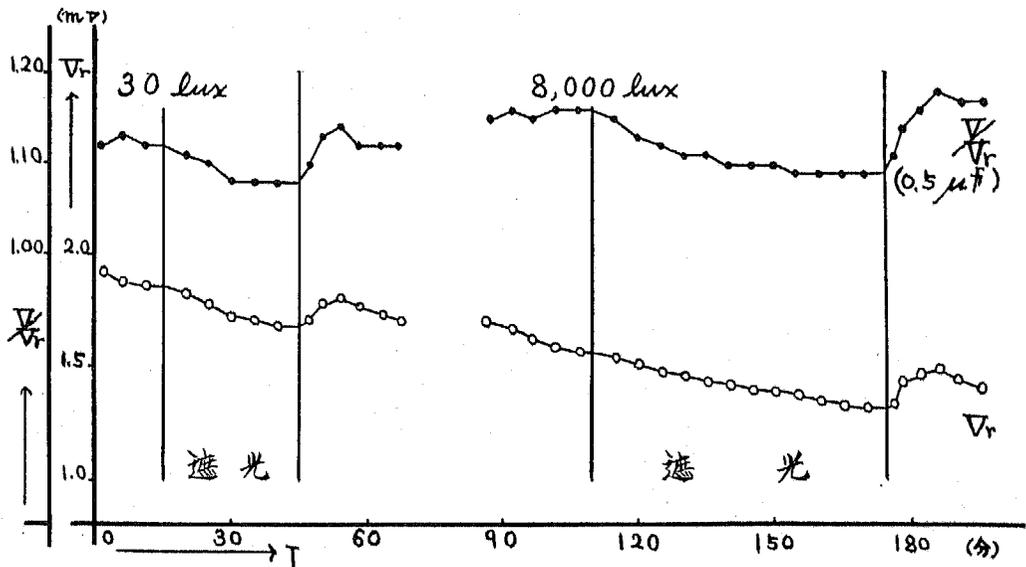
0.5 $\mu$ F V/Vr 法

実験 番号	日付	被験者	遮光する 前の 明るさ	V/Vr 値 の正常値	遮光 時間	最依値に 達するま での時間	その時の V/Vr 値	恢復 時間
22 I	9/IV 1956	Y. A. 17才 ♂	lux 90	1.14	35分	20分	1.09	8分
22 II	9/IV	"	2,000	1.15	45	30	1.09	9
23	18/IV	H. H. 19才 ♀	4,000	1.14	55	35	1.09	8
25 I	25/IV	M. O. 18才 ♀	10	1.13	30	10	1.09	7
25 II	25/IV	"	1,800	1.15	45	30	1.09	10
27	9/V	H. H. 19才 ♀	1,1000	1.14	70	45	1.08	7
28 I	9/V	Y. A. 17才 ♂	150	1.14	35	20	1.09	7
28 II	9/V	"	2,000	1.15	50	35	1.09	8
29 I	10/V	H. H. 19才 ♀	50	1.14	35	15	1.08	8
29 II	10/V	"	3,500	1.15	55	35	1.08	10
31 I	9/VI	"	250	1.15	40	20	1.09	9
31 II	9/VI	"	950	1.16	45	25	1.09	11
33 I	13/VI	"	120	1.15	40	20	1.09	8
33 II	13/VI	"	350	1.15	45	25	1.09	9
35 I	20/VI	Y. M. 21才 ♀	200	1.15	40	25	1.09	7
35 II	20/VI	"	2,500	1.16	50	35	1.09	7
36 I	20/VI	H. H. 19才 ♀	15	1.14	25	10	1.09	7
36 II	20/VI	"	3,000	1.16	60	40	1.09	10
37	27/VI	"	10,000	1.16	70	45	1.09	8
39 I	4/VII	"	30	1.14	30	15	1.09	7
39 II	4/VII	"	200	1.15	35	20	1.09	8
62 I	17/X	Y. M. 21才 ♀	300	1.14	40	20	1.08	6
62 II	17/X	"	1,200	1.15	50	30	1.08	9
65 I	31/X	"	500	1.15	50	30	1.09	6
65 II	31/X	"	1,600	1.16	55	35	1.09	8
66 I	14/XI	"	110	1.14	35	20	1.09	6
66 II	14/XI	"	1,100	1.15	55	35	1.09	8
67 I	14/XI	M. O. 19才 ♀	170	1.14	50	25	1.09	7
67 II	14/XI	"	5,000	1.16	60	40	1.09	7
70 I	5/XII	"	280	1.14	40	25	1.08	6
70 II	5/XII	"	750	1.15	50	30	1.09	7
78 I	6/III 1957	T. S. 22才 ♂	20	1.13	25	10	1.09	5
78 II	6/III	"	180	1.14	35	20	1.09	7
80 I	7/III	"	320	1.14	40	25	1.08	6
80 II	7/III	"	1,300	1.16	50	35	1.09	7
82 I	13/III	"	420	1.15	40	25	1.09	6
82 II	13/III	"	600	1.15	45	30	1.09	7

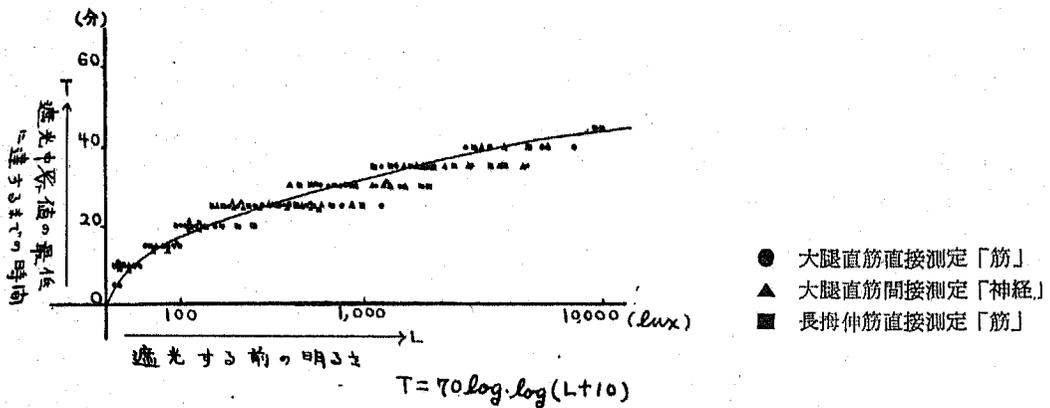
第四表

長拇伸筋直接測定「筋」

0.5 $\mu$ F V/Vr 法



第三図 長拇伸筋直接測定「筋」



第四図

安静にしていた骨格筋の興奮性を低下せしめ、遮光すれば上昇せしめた。即ち網膜に対する光の刺激が間接に骨格筋に影響を及ぼす事を知った。V/Vrの正常値といつても日常生活では光刺激(恐らくその他の刺激)によって、少しく興奮性が低下している状態のときの値である。

D 遮光する前の光の強弱によつて、安静骨格筋に間接にあらわれる正常値は、±2%のわずかな変動があつた。

E 遮光前の光の強弱(L)と遮光中最少値に達するに要した時間(T)との関係を求めると、 $T = 70 \log \cdot \log(L + 10)$ の実験式を得た。

文 献

①Wago, U. and Wakabayashi, T. (1931) Jap. J. of Med. Sci. III Biophys. 2: 34  
 ②Wago, U. and Wakabayashi, T. (1936) Jap. J. of Med. Sci. Biophys. 6: 43  
 ③Eppinger, H. (1938) Z. Klin. Med. 133, 1  
 ④Weiss, G. (1901) Compt. rend. Sci. de Biol. 53, Tome 466  
 ⑤Hoorweg, L. (1892) Pflüger's Arch 52, 87  
 ⑥和合卯太郎(1937) 日本生理誌 2, 91  
 ⑦和合卯太郎(1938) 日本生理誌 3, 225  
 ⑧和合卯太郎(1952) 信州大学紀要 2, 17  
 ⑨和合卯太郎(1953) 信州大学紀要 3, 105  
 ⑩和合卯太郎(1954) 信州大学紀要 4, 121  
 ⑪倉田吉清(1958) 信州大学紀要 7, 589