

58.

612.014.424.011.1

電流ノ生物ニ對スル作用ニ就テ

(第2報)

電流ニヨル溶血現象ニ關スル研究

岡山醫科大學生理學教室(主任生沼教授)

森 信 胤

[昭和10年3月11日受稿]

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

On Action of Electricity upon Organisms.

(2nd. Report.)

Haemolysis by Electric Current.

By

Nobutane Mori.

Received for Publication 11. March 1935.

The author studied on the haemolytic action of the electric current upon the red blood corpuscles of rabbits, suspended in the 0.9% NaCl solution.

He confirmed the following facts.

1) Red blood corpuscles were haemolysed only by the constant current, but never by the alternating current, if the alternation is sufficiently frequent.

2) In regard to the relationship

between the strength of the electric current and its duration holds good the Weiss-Hoorweg's formula for the excitation of muscle and nerve.

3) It is highly probable that the alkalinity, which has been produced in the neighbourhood of the negative Pole, plays the important rôle on the electrical haemolysis. (*Autoreference.*)

目 次

第1章 緒 言

第2章 實驗方法並ニ材料

第3章 實驗成績

第1節 浴血現象ノ觀察

第2節 電壓ト所要時間トノ關係

第3節 血球ニ對スル Alkali ノ作用

第4節 電氣分解ニヨリテ生ジタル Alkali 度

ト本實驗成績トノ比較

第4章 結 論

文 獻

第1章 緒 言

血球が交番電流ノ作用ニヨリテ溶解セラルルノ現象ハ創メテ Rollet¹⁾ガ實驗觀察シ、次イデ Hermann²⁾³⁾等ガ追試實驗セリ。同氏ニヨレバ其ノ作用機轉ヲ電流ニヨル溫度ノ上昇ヲ以テ説明セントセリ。然ルニ先年我教室ノ村上⁴⁾氏ハ諸種動物ノ血球ヲ用ヒテ、電流ニヨル溶解ヲ研究シ、夫レハ直流ニヨリテハ常ニ起ルモ氏ノ使用セル數種ノ交番電流ニヨリテハ起ラザルヲ認め、又其ノ現象ノ本態ハ電解物質タル Alkali ノタメニ生ズルモノナルベキ事ヲ指摘セリ。

最近余ハ電流ノ諸種生態ニ對スル作用ヲ種々ノ方面ヨリ研究セル時ニ當リ、Paramaecium ノ電撃死ニ就テ見ルニ、夫レハ村上氏ノ血球ニ於ケルト同様ニ、直流ニヨリテハ常ニオコルモ、2—3 交番電流ニヨリテハ起ラザルヲ認め、又其ノ蟲體ガ電流ニヨリテ崩壊死滅スルハ、電解ニヨリテ生ジタル Alkali ノ作用ニヨルニ他ナラザル事ヲ檢シタリ。而シテ此電撃死ヲオコス爲ニハ一定ノ電氣量ノ必要ナルコト、且又其ノ一定電氣量ヲ生ズルタ

メニハ、夫レガ構成ニ與ル2因子タル電氣強度ト所要時間トノ間ニハ五ニ直角双曲線トナルノ關係アルヲ認めタリ。

更ニ進ミテ Paramaecium ノ電流ニ對スル興奮性ヲ檢シタル結果、夫レハ全ク一般筋、神經ノ夫レト同一性状ナルベキ事ヲ知リタリ。即チ Weiss⁵⁾或ハ Hoorweg⁶⁾ノ式ニ當テ嵌マルヲ見タリ。

畢竟、是ヲ要約スレバ Paramaecium ノ電流ニヨル興奮モ、將又電撃死モ全ク同一機轉ニヨルモノニシテ、是結局夫レニ作用スル電流ノ電氣強度ト所要時間トノ相乘積タル電氣量ニ關スルモノナルコトヲ知ルヲ得タリ。

茲ニ於テ余ハ、Paramaecium ト同様、血球ニ於テモ、其ノ電流ニヨル溶解ニ關シテハ、作用セシムベキ電氣強度ト其ノ所要時間トノ關係ニ就テ、同一ノ事項ガ適用セラルルニハ非ザルヤト思ヒテ次ノ實驗ヲ行フ事トナレリ。

第2章 實驗方法並ニ材料

實驗材料

健康ナル成熟雄家兔ノ耳靜脈ヨリ採血シ、之ヲ遠心沈澱器ニヨリテ血球ヲ分離シ、0.9% NaCl 溶液ニテ1:200 容量ノ割ニ薄メテ、血球浮游液ヲツクル。

此血球浮游液ヲ Elektrode ヲ裝置セル血球計算板上ニ載セ、顯微鏡(L. Watson, London: 對物 $\frac{1}{8}$ inch, 對眼4)ニテ觀察シツツ實驗ス。而シテ此血球計算板ハ K. Erma, Tokyo 製ノ Buerker 型ノモノニシテ、中央ニ2種ノ格子目ヲ有シ、其ノ兩側ニ深サ1.0mm 幅3.5mm ノ溝ヲ有スルモノナリ。

即チ、今余ハ1側ノ格子目ヲ血球觀察用ニ供シ

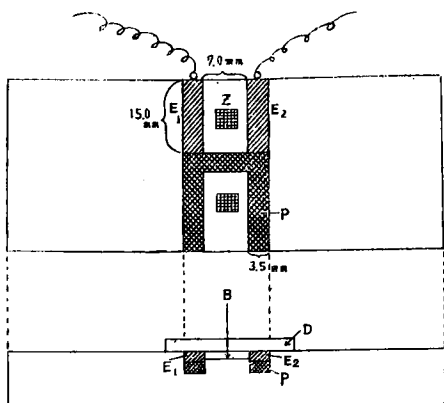
圖(1)ニ示ス如ク、其ノ兩側ノ溝ニハ丁度之ニ合
フヤウニ、幅 3.5 mm、厚サ 0.2 mm、長サ 15 mm
ノ薄キ銀板ヲ挿入シテ Elektrode トナシタリ。而
シテ此銀板ヲ硝子板ニ固着セシムルタメニハ 42°C
融解 Paraffin ヲ融解状態ニテ銀板ト硝子板トノ隙
間ニ流シ込ミ、之ヲ冷却凝固セシメタリ。

尙ホ又中央部ニ存スル横溝ニモ同様ニ Paraffin
ヲ入レテ、硝子板ノ表面ト同一高サニナラシメ、
血球浮游液ガ他側ニ流出スルヲ阻ムヤウニセリ。

斯ク裝置セルモノニ就テ見ルニ、刺戟電導子間
(E_1-E_2)ノ距離ハ 7.0 mm ニシテ 此間ニ存在スル、
血球浮游液ヲ容ルルベキ槽狀空間ノ容積ハ横
0.7 cm×縦 1.5 cm×深サ 0.01 cm = 0.0105 cm³ ト
ナル、尙ホ又一視野中ニ見ユル血球數ハ平均 34
箇ナリ。

次ニ又此間ニ存スル血球浮游液ノ電氣抵抗ヲ測
定セリ、即チ、Kohlransch 氏交流、電話法ニヨ
リ、電源ヲ 2 Volt トシテ、1 秒 400 回ノ蚊ノ音
「コイル」ヲ使用シテ交流トナシ、Wheatstone 氏
橋ニヨリテ測定セル結果ニヨレバ 21200 Ohm ヲ
算シタリ。

第1圖 實驗裝置模型圖



- E_1-E_2 : 刺戟電導子銀板
- Z : 血球計算用格子目
- P : 「パラフィン」
- B : 血球浮游液ヲ容ルル空間(深サ 0.1mm)
- D : 蓋硝子

第3章 實驗成績

第1節 溶血現象ノ觀察

前述ノ如キ裝置ニ於テ、兩極間ニ血球浮游
液ヲ入レ、Deckglas ニテ蓋ヒ、是レヲ顯微
鏡ニテ觀察シツツ、直流電氣ヲ通ズレバ、血
球ハ陽極ニ向ヒテ流レ行キ、次第ニ崩壊消失
ス。

今其ノ様ヲ詳シク檢スルニ、陽極ニ向ヒテ
流レ行ク血球ニアリテモ、其ノ陰極ニ近キモ
ノヨリ次第ニ崩壊シ行クヲ認ム。

此際豫メ極少量ノ Phenolphthalein ヲ浮
游液内ニ入レ置カバ、回路閉鎖ト同時ニ先ヅ
陰極ニ沿ヒテ Alkali ノ存在ヲ示スベキ赤色
ノ帯ガ現ハレ、此モノハ次第ニ陽極ニ向ヒテ
一樣ニ流レ行ク、而シテ其ノ陽極ニ近キ程色
調ハ褪セタリ。

尙ホ此赤色帯ノ進行速度ハ、血球ノ夫レヨ
リモ早く、實測ニヨルニ、例ヘバ 8 Volt ヲ電
源トセル實驗ニ在リテハ、

a. Phenolphthalein ノ 赤色帯ノ 進行速度 : 平均毎秒 0.050 mm

b. 血球ノ 進行速度 : 平均毎秒 0.017 mm

(註、視野内ニ於テ Ocular-Micrometer 及
ビ Objectglas 上ノ格子目トヲ尺度トシ、
Stop-watch ニヨリテ計測ス)

即チ赤色帯ノ進行速度ハ血球ノ夫レノ約 3
倍大ナルニヨリ、恰モ陽極ニ向ヒテ流レ行ク
血球ヲ追フカノ如クニ赤色帯ハ同一方向ニ流
レ行ク、斯クノ如クニシテ赤色帯ニ追ヒ越サ
レテ其ノ圈内ニ入りタル血球ハ、自軸ヲ廻轉
シツツ尙ホ陽極ニ向ヒテ暫クノ間流レ行ク、
然レドモ該赤色圈内ノ或ル一定濃度ノ所ニ届
レバ直チニ破壊消失ス。

是レニ依リテ見レバ電流ヲ通ジタル際血球ノ崩壊スルハ、電氣分解ニヨリテ陰極ニ生ジタル Alkali ノタメニ惹起セラレルモノナルヲシク、其ノ Alkali ノ陽極ニ向ヒテノ移行速度ハ、血球ノ所謂 Kathaphoresis ニヨリテ陽極ヘ流レル速度ヨリハ早キタメニ起サレヤスキモノナルヲ思ハシム。

又他面ニ於テ、如何ニ長時間ニ互リテ電流ヲ通ズルモ溝中ノ Paraffin ハ融解スルヲ認メ得ズ。

即チ此事實ハ兩極間或ハ其ノ部分ガ 42°C 以上ニ昇ルコトナキヲ示スモノナルベシト見做シ得ベク、從ツテ 42—45°C ニ熱スルニ非ザレバ、凝固或ハ崩壊セザル血球ハ、電流ニヨリテ發生セル熱ノタメニ崩壊スルモノトハ思ハレズ。

第2節 電流ニヨル溶血ノ際ニ於ケル

電壓ト所要時間トノ關係

直流電氣ヲ通ジタル際ニ起ル溶血現象ノ場合ニ於テ、種々ノ電壓下ニテ、兩極間ニ浮游スル血球ガ全部崩壊消失スルニ要スル時間ヲ測定セリ。其ノ成績ハ第1表ニ示ス。

即チ此關係ニ就テ詳言センニ 4 Volt 或ハ其ノ以下ノ電壓ニテハ甚ダ長時間電流ヲ通ズルモ溶血現象ハオコルコト無ク、6 Volt ニ到レバ時ニ夫レハ起ラザルコトアルモ、長時間電流ヲ流ス事ニヨリテ惹起セラレ、又 20 Volt 以上ニ到レバ回路ノ閉鎖直後ヨリ陰極ニ泡ノ發生アリ、且一般ニ全血球ガ崩壊スル時間ハ比較的遅ル、從ツテ成績混然タリ。

今溶血現象ヲ常ニ立派ニ認メ得ラルル 6—14 Volt 間ニ於ケル成績ニ就テ検討スルニ、電

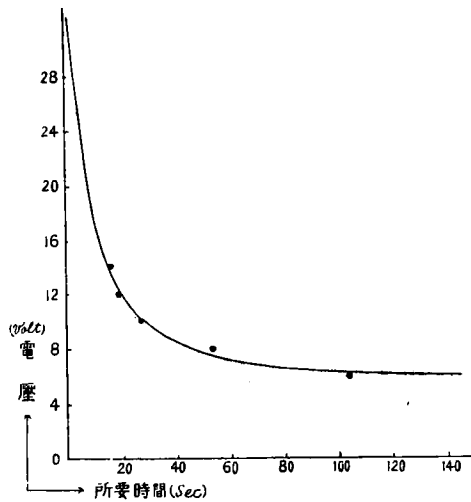
壓ト所要時間トハ逆比例ノ關係ヲ示ス。

而シテ、所要時間ヲ横軸ニ取り、電壓ヲ縦軸ニ取りテ曲線ヲ描ケバ第2圖ノ如クニシテ、是ハ直角双曲線ヲ示ス。

第 1 表

例	電壓(V)					
	20	14	12	10	8	6
1	秒 24	秒 23	秒 25	秒 16	秒 52	秒 101
2	23	22	20	20	46	86
3	26	25	21	27	52	88
4	6	16	10	35	51	126
5	7	10	12	39	52	116
6	11	7	17	31	59	106
7	10	23	29	33	47	—
8	15	20	20	28	81	—
9	19	9	21	21	65	—
10	20	9	19	21	50	—
11	26	14	13	23	47	—
12	30	18	19	27	42	—
13	30	18	16	31	51	—
14	27	14	24	34	59	—
15	4	12	21	29	52	—
平均	18	16	19	27	54	104

第 2 圖 兩極間ニ存在スル血球ガ全部溶解消失スル際ノ電壓ト所要時間トノ關係



換言セバ是ハ筋, 神經ノ電氣刺戟ニ於ケル時ノ如ク, Weiss⁵⁾ 或ハ Hoorweg⁶⁾ノ式ニ當テ嵌ル。是又先ニ余ガ Paramaecium ノ電撃死ノ際ニ認メタルト同様ノ結果ナルヲ示スモノナリ。

第3節 血球ニ對スル Alkali ノ作用

2 Normal ノ NaOH 溶液ヲ夫々 10→10⁵倍ニ薄メタル檢液ヲ豫メ作りオキ, 次ニ血球浮游液ノ 1 滴ヲ血球計算板硝子上ニ取り, 是ニ檢液ノ 1 滴ヲ添加シテ, 速カニ顯微鏡ニテ觀察シテ血球溶解スルノ狀態竝ニ所要時間ヲ測ル。

其ノ成績ヲ見ルニ

- 1) 10 倍稀釋液ノ時: 直チニ溶血スルモノナルラシク, 檢鏡ノ時ニハ既ニ血球ヲ認メ得ズ。
- 2) 100 倍稀釋液ノ時: 同上
- 3) 1000 倍稀釋液ノ時: 檢鏡後 40—60 秒ニテ全部溶血ス。
- 4) 10000 倍稀釋液ノ時: 檢鏡後 250—280 秒ニテ全部溶血ス。
- 5) 100000 倍稀釋液ノ時: 檢鏡 10 分間ニ渉ルモ溶血ヲ認メズ。

サレバ今若シ血球ヲ浮バシメタル食鹽水モ, 將又 NaOH 檢液モ共ニ一樣ナル溶媒ナリト假定セバ, 本實驗ニ於テハ血球浮游液ト NaOH 溶液トハ等量ニ加ヘラレタルニヨリ, 2 倍ニ薄メラルルニヨリ, 本實驗ニ於ケル成績中檢液ノ濃サヲ示ス數値ハ其ノ 2 倍ノモノヲ示ス事トナル,

ヨリテ, 血球ガ NaOH ニヨリテ直チニ溶解セラルルタメニハ血球浮游液中ノ NaOH

ノ濃度ガ, 2 Normal ノモノノ 200 倍ニ薄メラレタル場合ヨリモ濃キ時ニハ起ル理ナリ。

第4節 電氣分解ニヨリテ生ジタル Alkali ノ度ト本實驗成績トノ比較

既ニ前述セル如ク, 電流ニヨル溶血現象ハ, 電氣分解ニヨリテ生ジタル Alkali ノタメニオコルモノラシキヲ思ハル。茲ニ於テ夫レガ果シテ眞ナリヤ否ヤヲ確實ニスルタメニ, Faraday ノ電氣分解ニ關スル法則ヲ適用シテ余ノ實驗成績ヲ檢討セリ。

Faraday ノ電氣分解ニ關スル法則ハ次式ニヨリテ示サル。

$$\text{即チ } S = Z \cdot i \cdot t. \quad \left\{ \begin{array}{l} S = \text{極ニ析出サルル物質質量(g)} \\ Z = \text{電氣化學當量} \\ i = \text{電氣強度(Ampère)} \\ t = \text{時間(Sec.)} \end{array} \right.$$

現今余ノ實驗成績ニ於テ, 1 例トシテ 8 Volt ニ於ケル實驗ノ Data ヲトリテ見ルニ,

全部溶血スルニ要セシ時間: 54 秒 (t)

電 壓: 8 Volt.

抵 抗: 21200 Ohm.

∴ 電氣強度: 0.004 Amp. (i)

又血球浮游液ハ NaCl 溶液ナルニヨリ, 陰極ニ析出サルル物質ハ當然 Na ノミナルニヨリ, 其ノ電氣化學當量ヲ示セバ,

$$Z = 0.2383 \text{ mg/Sec. Amp.}$$

$$\begin{aligned} \text{故ニ } S &= Z \cdot i \cdot t. = 0.2383 \text{ mg} \times 0.0004 \times 54 \\ &= 0.0052 \text{ mg} \end{aligned}$$

從ツテ NaOH トシテノ量ハ 0.0052 × 1.7 = 0.00884 mg.....(1)

次ニ NaOH 溶液ガ直チニ血球ヲ溶解セシムルノ濃度ハ前述ノ如ク 2 Normal ノモノヲ 2000 倍ニ薄メタルモノヨリモ濃キモノアルニヨリ, 今ノ其

ノ値ヲ取リテ計算センニ

2 Normal NaOH ノ 200 倍稀釋液ノ 1cc 中ニ存
スル NaOH ノ量ハ 0.4mg.

從ツテ實驗裝置ノ兩極間ニ存在スル浮游液量
0.0105 cc 中ニ存在セル NaOH ノ量ハ略 0.004 mg
.....(2)ナリ.

即チ(1)ハ(2)トノ NaOH ノ量ハ同術ノ數値ヲ
示ス.

是ニヨリテ見ルモ電流ニヨル溶血現象ガ電
氣分解ニヨリテ生ゼル Alkali ニヨリテ起ル
ベキモノナルコトハ最早ヤ疑ヒテ容レ得ザル
所ナルベシ.

第4章 結 論

家兎ノ血球ヲ 0.9 % NaCl 溶液ニ浮游セシ
メ, 是ニ電流ヲ通ジタル際ノ溶血現象ヲ實驗
研究セル結果次ノ結論ヲ得タリ.

- 1) 血球ハ直流電流ニヨリテ溶解ス.
- 2) 此際ノ電壓ト所要時間トノ關係ニ就テ
見ルニ. Weiss 或ハ Hoorweg ノ電氣刺戟ニ
關スル式ガ當テ嵌ル.

3) 血球ノ崩壞ハ, 電氣分解ニヨリテ生ジ
タル Alkali ニヨル.

コノ事ハ Phenolphthalein 反應, 及ビ Fa-
raday ノ電氣分解ニ關スル法則ノ適用ニヨリ
テ容易ニ證明セラル.

擱筆スルニ臨ミ終始御懇篤ナル御指導ト御校
閲ヲ賜リシ恩師生沼教授ニ對シ深謝ノ意ヲ表
ス.

文 獻

- 1) Rollet, Sitzungsber. d. östr. Akademie,
Abth. 2, Bd. 47, S. 356, 1863, (zit. nach 2).
- 2) L. Hermann, Pflüger's Arch., Bd. 74, S. 164,
1899. 3) Derselbe, Ebenda, Bd. 82, S. 199,
1900. 4) T. Murakami, 岡醫雜, 第44年, 第4號,
(第507號), 776頁, 1932. 5) Weiss, G., Compt.
Rend. Soc. Biol., T. 53, P. 466, 1901. 6) Hoor-
weg, J. L., Pflüger's Arch., Bd. 52, S. 87, 1892.