

Title	人體インピーダンスの臨床的研究(IV) 低周波交流ブリッジの血液検査に於ける二, 三の應用
Author(s)	岩佐, 壽彌
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1957, 16(12), p. 1144-1153
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19677">https://hdl.handle.net/11094/19677</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# 人體インピーダンスの臨床的研究 (IV)

## 低周波交流ブリッジの血液検査 に於ける二, 三の應用

大阪大學醫學部放射線醫學教室(主任 西岡時雄教授)

岩 佐 壽 彌

(昭和31年10月5日受付)

### 目 次

- (I) 緒 言
- (II) 實驗材料
- (III) 實驗裝置
- (IV) 實 驗
- (V) 實驗方法 (赤血球總容積測定)
- (VI) 實驗成績
- (VII) 實驗方法 (赤血球沈降反應測定)
- (VIII) 實驗成績
- (IX) 考 按
- (X) 總 括
- (XI) 結 言
- (XII) 文 獻

### (I) 緒 言

最近に於ける諸血液検査法の著しい進歩にも拘わらず、その物理學的検査手段の進歩は生化學的乃至は形態學的部門のそれに比して遅々たるものがある。これは要するに物理學的測定手段が複雑な諸装置を必要とするにも拘わらず臨床的な面に於ける實用性に乏しいためであると思われる。然し乍らこの物理學的手段による測定法は極めて精密であり、操作も比較的簡單で、血液検査以外の部門の臨床界に於ては比較的廣い範圍に於て應用せられているのである。このような測定手段乃至はその應用の殆んどが電子管技術を利用した電氣的計測手段であつて、醫學に限らず現在科學分野各界に於ける大きな傾向となつてゐる。

當教室に於ては數年来、交流 Impedance 測定手段を臨床的検査として應用するため種々の研究

が行われているが、この Impedance 測定は諸種の電氣計測中最も基本的で且つ比較的精密度の高いものの一つである。

本實驗は我々の手によつて簡易化された Impedance 測定手段を血液検査の目的のために應用して従來の諸種の検査を再検討し、且つ改良し、併せて人の血液の示す電氣的諸性質についての詳細な検討を行わんとするものである。

抑々血液の電氣的性質に關する報告は古く Burgartzky & Tangle<sup>1)</sup> にはじまる。其の後 Fränckel, Roth<sup>2)</sup>, Oker-Blom<sup>3)</sup>, Stewart<sup>4)</sup>, Höber<sup>5)</sup> 等によつて赤血球の絶縁體としての特異な性質が詳しく追求せられ、高周波交流に對してはこの性質が消失する事も確められている。しかしこれらの事實に關する理論的な考察は Fricke H. にはじまる。更に Cole K.S<sup>10)</sup>, Curtis H.J<sup>11)</sup>, Velick S. & Gorin M<sup>12)</sup>, 等によつて血液のみならず、單一細胞より各種組織に至る迄を包括して一般的な等價回路理論が構成されるに至つた。これらはすべて Maxwell<sup>13)</sup> の基本式によつてゐる。

わが國に於ては久崎、堀内<sup>14)</sup>, 問田<sup>15)</sup>, 等を先驅として最近迄に仁木<sup>16)</sup>, 三浦、岩瀬<sup>17)</sup>, 高野<sup>18)</sup>, 等による部分的な報告を僅かに見るのみである。

他方赤血球總容積 (容積濃度) の測定には遠心沈澱法による Haematocrit 法<sup>19)</sup> (以下 Ht 法と略す) をはじめとして、Hoppe-Seyler 法、比色

法、粘度測定法、更に最近に至つては Radioisotope 及び T-1824 (色素) の血漿による稀釋度から算出する方法<sup>20)21)</sup>、硫酸銅法によつて比重の比率から求める方法<sup>22)</sup>、等幾多の種類があるが、Ht 法が今尚最も普及しているようである。しかしながら上述したように電氣的性質を利用する試みは殆んど<sup>30)</sup>みない。このような應用的見地から、人の血液について Ht 法と比較するためにこの電氣的性質について2~3の實驗を行つた。

次にこの装置を赤血球沈降反應(以後赤沈反應と略す)にも利用して、赤血球の沈降現象に隨伴する電氣的變化を觀測することも試みた。

赤沈反應に關する研究は Fåhræus<sup>23)</sup>をはじめとして數多く<sup>24)25)26)</sup>あるが、私の行つたこのような種類の報告には殆んど接しない。沈降しつゝある赤血球柱の基部に於ては時間の経過と共に赤血球容積濃度が増大してゆく筈であるが、Ponder E.<sup>25)</sup>はこれを理論的に考察し、更に長田<sup>28)</sup>はこれをヘモグロビン量と赤血球數算定とを併せ行つて實驗的に確かめ且つ實驗式を作つた。従つて血液を静置した場合、その容器の底部に於ては時間と共に血液 Conductance 値は減少して行く筈である。

これに關して私は種々の實驗を行つた結果興味ある2~3の事實を見出したのでこれを赤沈 Conductance 反應と假稱することにする。

(II) 實驗材料：人血液

健康人、及び大阪大學醫學部附屬病院放射線科外来、入院患者計70名の肘静脈より採血した。

(イ) 赤血球總容積測定に使用した材料

健康人9名、惡性腫瘍の放射線療法に際して見られる貧血患者9名、十二指腸蟲症によるものと考えられる貧血患者2名、計20名の血液を3.8%枸櫞酸ナトリウム水溶液及び、二重蓆酸鹽結晶<sup>31)</sup>(加藤)によつて非凝固性として使用した。

Ht 値が10%以下及び50%以上の値は得難いため實驗成績を擴げるために前者に於いては生理的食鹽水を加え、後者に於ては血漿の一部除去を行つた。

(ロ) 赤血球沈降反應に使用した材料

正常、遲延、輕度促進及び中等度並に高度促進等、種々の状態を示す諸種の患者計50名の血液について3.8%枸櫞酸ナトリウム水溶液を加えて非凝固性とした人血液(混合比は枸櫞酸：血液を1：4とする)

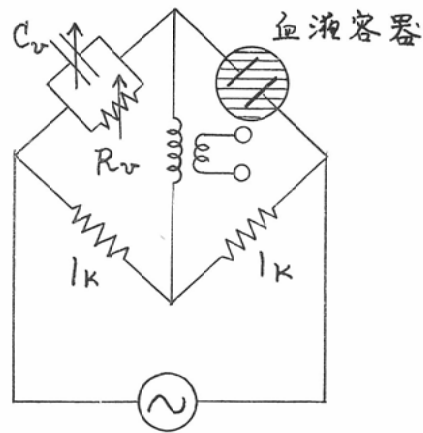
一部は3.8%枸櫞酸ナトリウムの代りに二重蓆酸鹽結晶を用いた。

(III) 實驗裝置

(イ) 交流ブリッジ (1圖)

Wien 型<sup>34)</sup>CR交流ブリッジの可變部(Cv,Rv)をCRの並列とする。

圖 1



血液 Impedance 値は皮膚に比べて著しい低 Impedance 値として測定されるからブリッジの可變容量 (Cv) 及び可變抵抗 (Rv) は夫々

- Cv: 0~0.0012μf
  - Rv: 0~30Ω
  - 0~120Ω
  - 0~600Ω
- } の三段階

(ロ) 電極

直徑5mmの圓型白金黒鍍白金板

(ハ) 電源

20C/S~20000C/S の正弦波 CR 發振器

出力電壓: 0~50V.p.

使用範圍: 0.1~0.2V.p.

(ニ) 平衡器

(a) 6S J 7-6S J 7-6C 5-6V 6の

構成よりなる抵抗，容量結合低周波増幅器

(電壓利得 60db)

(b) 120mm ブラウン管オツシログラフ

(c) 6V 6カソード出力電流計

(ホ) 電源電圧計

0~10V P型真空管電圧計

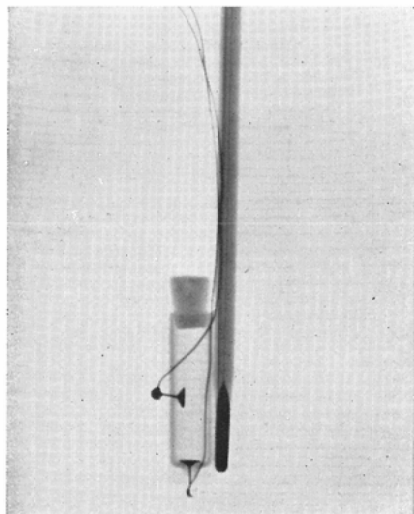
(へ) 周波數計

20C/S~10000C/S パルス積算直讀型

(ト) 血液容器 (2圖)

電導度測定容器に倣い種々な型のものを用いた。

圖 2



容量：1~3 cc

容器恒數：5 前後

容器を 1/10°C の最小目盛を有する水銀温度計の球部に並行にセメダインCを以て絶縁的に固着する。

(チ) 恒温槽

容量約1000ccの魔法瓶

(室温18.0°Cに於てこれに37.0°Cの水を満すと 0.1°C變化するのに要する時間は30分以上であるから測定に於ける槽内温度は殆ど不變と考えられる。)

(リ) 遠沈器

久保田製作所 No. 178 型式 K 7. 100V, 3.5

A 4頭単相 最高 3500回轉

支持部迄の半径80mm

最大回轉半径 160mm

(ヌ) プリツジの周波數偏差

20C/S~20000C/S の間に於て 500Ω の測定値では2%以下

(ル) 温度補正

温度による實驗誤差に關しては Oker-Blom<sup>4)</sup>によると豚の血液の電氣傳導度の温度係數は20°C~40°Cに至る間に1.42~1.85%と上昇するとせられる。然し一般の電解質溶液系では1~2.3%の範圍に互るものといわれ<sup>31)</sup>次式による。本實驗に於ては2%<sup>32)</sup>とした。

$$K_d = K_{18} [1 + c(d - 18^\circ)] \dots \dots \dots (1)$$

K<sub>d</sub>: d°C に於ける電氣傳導度

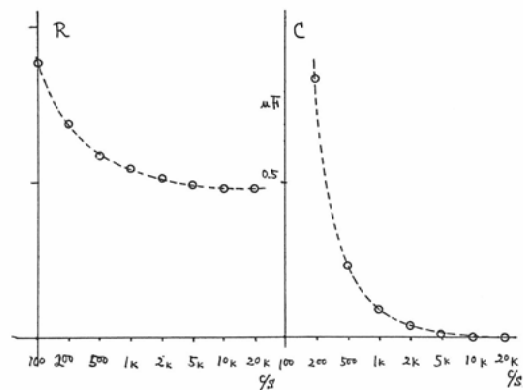
K<sub>18</sub>: 18°C に於ける電氣傳導度

C: 温度係數

(IV) 實 験

(イ) 血液に限らず一般に電解質溶液の Admittance を測定すると、3圖の様な C<sub>v</sub>, R<sub>v</sub> の周波數特性を示し、C<sub>v</sub> が0に近づくにつれて、R<sub>v</sub> は一定値に近づく。電氣傳導度はこの R<sub>v</sub> の極限值であると考えられ、我々が實驗に用いた容器では10K.C. に於てほぼこの状態にあると考えられる。しかし血液に於ては、Fricke<sup>29)</sup>の示す所によると更に周波數を高めた場合、R<sub>v</sub> は著しく小さくなる。溶液に於ても所謂 Debye-Falkenhagen 効果が現われるという。従つて私は10 K.C. を最適の測定條件として採用した。

圖3 血清 Admittance の周波數特性(健康者)



尚“Susceptance”は0とならぬため、電気伝導度としてではなく10K.C.に於ける Conductance としてのみ扱った。これ以下の周波数では Cole<sup>33)</sup>の所謂“Low Frequency”と考えられるからである。尚上記の Cv, Rv によつて複素 Admittance 軌跡を書かせると圆弧の一部となることも認められる。前述の Cole によつては低域として取扱われているこれらの周波数は所謂低周波域に於ける高域周波数帯に属するものであるから測定技術上ブリッジの Wagner 接地法は充分嚴重に實施した。

(ロ) 採血後直ちに室温中に放置した 3.8%の枸橼酸ナトリウム水溶液と混和し、上述の血液容器に入れるため約10分で Conductance 値は一定となる。従つて採血後10~15分では殆んど恒温となる。

(二) 血液 Conductance 値は採血後時間と共に増大してゆく。室温 (19°C) に於ては40~50分後、37.0°Cでは20分後にその増加速度は最大となり、これは後數十時間も続き、時間軸に對して逆S字型を呈しながら増大する。これは赤血球内部に存在するイオンの外部への透折であろうと推定出来る。(4. 5. 圖)

血液の Conductance 値は當然採血直後の値をもつて示すべきであるが、採血後10~15分以内に測定して常にその誤差は1%以下に納め得るから測定時間はこのように前後することを許容した。

(二) 血清及び枸橼酸ナトリウムを含む血漿の

圖4 Conductance の自然増加  
健康者, 20K.C/S., 0.2V.p., 18.°C

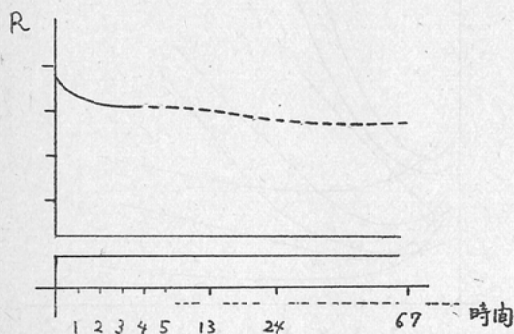


圖5 Conductance の自然増加

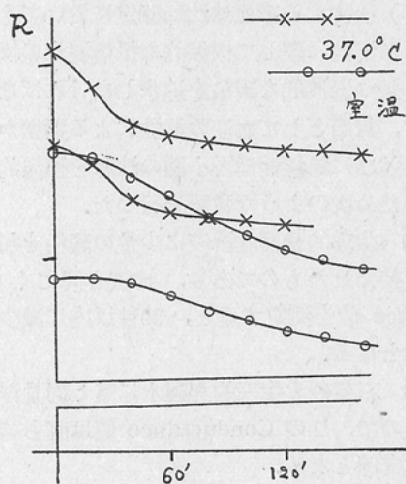


圖6 正常, 病的, Ziträt 加 Plasma (I), 及び Serum (II) の Conductance

I	Ω		II	Ω	
		°C			°C
A	88	30.4	a	258	18.5
B	120	14.4	b	264	18.0
C	79	27.7	c	273	18.0
D	83	27.85	d	263	18.2
E	84	27.3	e	270	19.1
F	85	26.7	f	310	16.5
G	84	26.2	g	288	17.9

10K.C. 0.2V.p.  
容器(I)

20K.C. 0.1V.p.  
容器(II)

Conductance 値は被檢者の如何にかゝらず温度の補正を行うことにより比較的均一な値が得られる。(6圖)

(ホ) 血球層 Conductance 値測定

5%の Glucose 水溶液(この Conductance 値は  $5 \times 10^{-6} \Omega$  以下)を用いて約10回、溶血しないように注意しながら遠心沈澱と洗出をくり返した後、血球層を分離して測定した。

19°Cに於いて血球層 11000Ω, 血漿層 235Ωなる値を得た。10K.C.に於ても赤血球内の電流通過は極めて少く高々2%以内と考えられる。

(V) 實驗方法 (赤血球總容積測定)

(イ) 後述する赤血球沈降測定に於いても同様であるが測定に際して機械的な振盪混和の操作を施し、且つ過渡的な現象を追求しなければならないから、對照として血液の粘性による器壁からの流下、並びに絶縁性浮游小體の沈降を模型的に觀察するため次のような實驗を行った。

(a) 生理的食鹽水溶液に少量の澱粉を加えて粘性を持たせたものであり、血液と同じく Conductance 値を測定すると、30秒以内に減少して一定値となる。

(b) 石英砂を生理的食鹽水に略と同量浮游させたもので、この Conductance 値は直ちに増加して一定値となる。

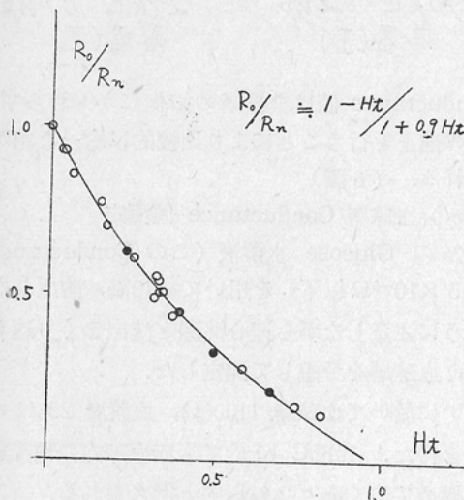
(ロ) 上述の凝固防止血液を採血後直ちに2分し、その一つを血液容器に満して恒温槽中に浸し、振盪混和しながら、血液温度と周圍水温とが平衡する迄約15分間放置する。15分後再び充分振盪混和して直ちに静置し1分後の Admittance を測定し、その Conductance を  $1/R_n$  とする。

次に同時に他方で2分しておいた他の血液を遠心沈澱し血漿層を血液と同じく測定する。その Conductance が  $1/R_o$  である。

(VI) 實驗成績

上記の  $1/R_n, 1/R_o$  の比、即ち  $R_o/R_n$  を直交座標縦軸にとり、これを  $y$  で表わし、遠沈の結果

圖 7



得られた Ht 値を横軸にとつて  $x$  で表わすと圖のような實驗値の分布を得る。(7圖)

即ちこの曲線は一種の直角双曲線であるからこれに適合する實驗式を  $xy=k$  ( $k$  は常數) なる直角双曲線から誘導し

$$y = \frac{1-x}{1+0.9x}$$

が得られる。

勿論これは一つの近似式に過ぎず、他にも實驗値を満足する函數關係式もあると推定される。7.17圖に於て“○”は3.8%枸橼酸血で“●”は二重碳酸血である。この  $R_o/R_n$  を Velick<sup>12)</sup> 等に準じて血液の Conductance ratio と假稱する。

即ち  $R_n, R_o$  測定により赤血球總容積が求められ、又  $R_o$  が略と一定なるため概略値ならば  $R_n$  測定のみにて可能である。

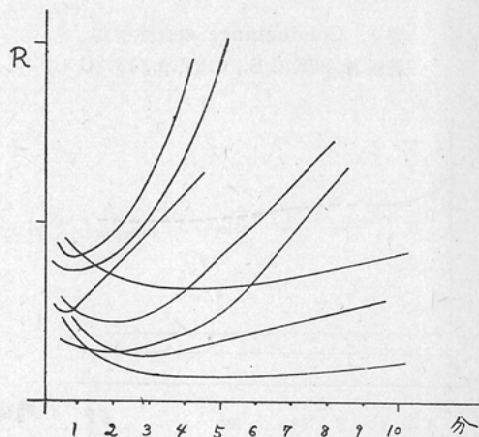
(VII) 實驗方法 (赤血球沈降反應測定)

赤血球總容積測定法と同様であるが、この場合は  $R_n$  の動的状態を追求する目的で  $R_n$  の測定を静置後連続して毎分測定し總回数10~15回に及ぶ。 $R_o$  側定は行わない。

(VIII) 實驗成績

一般に  $R_n$  は時間の経過と共に一時減少して(これを初期減少とよぶ)最少點に達し、次に増大しはじめ、遂に略と等速度で増大し、最後にはこの速度が再び減少してゆく。この  $R_n-t$  (時間) 曲線を赤沈 Conductance 曲線と假稱する(8圖)。

圖 8 赤沈 Conductance 曲線の種々



容器を振盪静置後最小値を示すに至る迄に  $t_m$  分を要したとすると、 $t_m$  の大小は赤血球沈降現象の遅速と對應する。

- tm : 1分以内の時 強度促進<sup>24)</sup>
- tm : 1分~2分の時 中等度促進
- tm : 2分~3分の時 軽度促進
- tm : 3分~4分の時 正常
- tm : 4分以上の時 遅延

という結果が得られた。遅延血液の中には  $t_m$  が15回の測定でも現れないものもある。

この初期減少は赤沈現象に直接關係し、赤沈反應を呈する血液に固有である。採血直後の沈降遅延血液と長時間放置せられた結果殆んど赤沈反應

圖9 温度の影響 °C

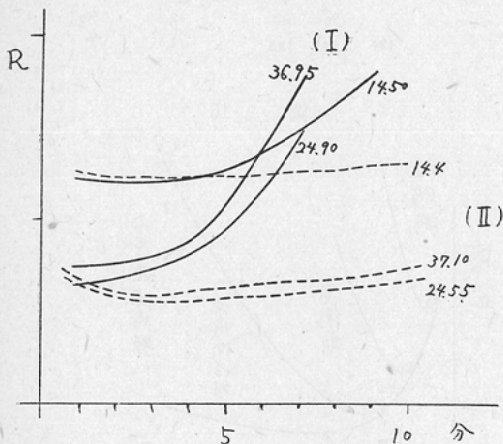
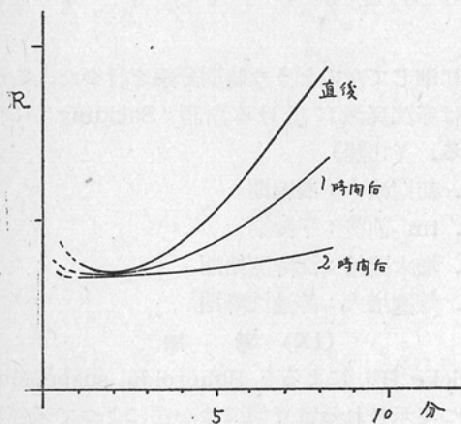


圖10 採血後放置時間の影響, 25.1°C



を呈さなくなつた促進血液とは、この初期減少の有無によつて區別することが可能である。

測定中の血液温度、採血後の放置時間、枸橼酸ナトリウム液と血液との混合比、結晶二重碳酸血のそれ等が、赤沈 Conductance 曲線に及ぼす影響については9, 10, 11, 12圖に示す。

圖11 3.8%枸橼酸ナトリウム水溶液による血液の稀釋度の影響, 30.0°C

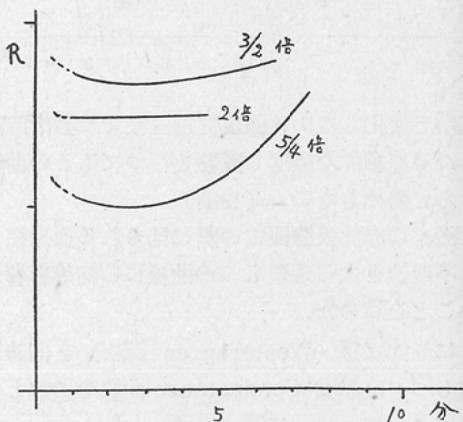
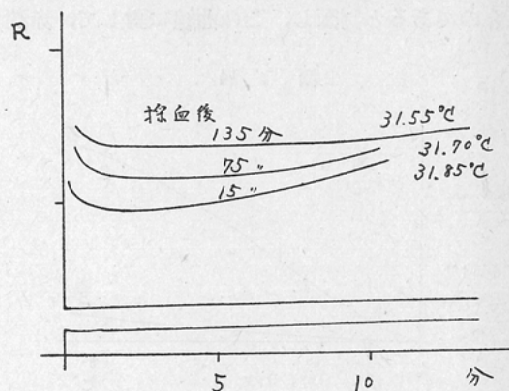


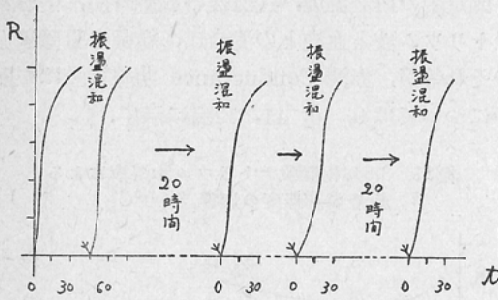
圖12 2重碳酸血の赤沈反應 Blut 1 cc 當り 0.15cc (乾燥) Westergren法 1st.: 2 mm



初期減少の時間的經過と赤沈促進度との相關關係は、これが時間的に極めて速やかに經過するために精密な觀測は困難であるが、振盪静置後に於けるこの減少速度は沈降促進度に無關係のように思われる。 $t_m$  以後に於けるこの曲線の  $dR_n/dt$  は一般に赤沈促進度と比例的關係にある。

測定終了後直ちに反覆再實驗を行つてもこの曲

圖13 強度促進血液の長時間連続観察  
Westergren 法30': 80mm 20K.C/S,  
0.1V.p., 17.0°C Lymphosarkom



線は殆ど變化しない。強度促進血液では數十時間にわたる連続的な繰返し実験を行つてもこの曲線は殆んど變化しない。(13圖)

又従來の赤沈反應測定の際に見られる血球柱上界の不明瞭となる現象もこの曲線には何等影響しないことを認めた。

次に赤沈反應 (Westergren 氏法) を同時に実施しつゝ、赤沈 Conductance 曲線を追跡した數例について、14, 15圖に示す。

以上の種々の事實から赤沈 Conductance 曲線は赤血球の沈降現象を電氣的方法によつて觀測したものであると判断し、この曲線に對して、赤沈

圖 14

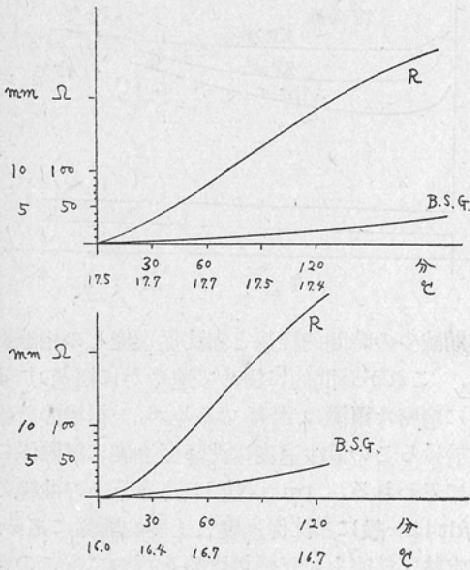


圖 15

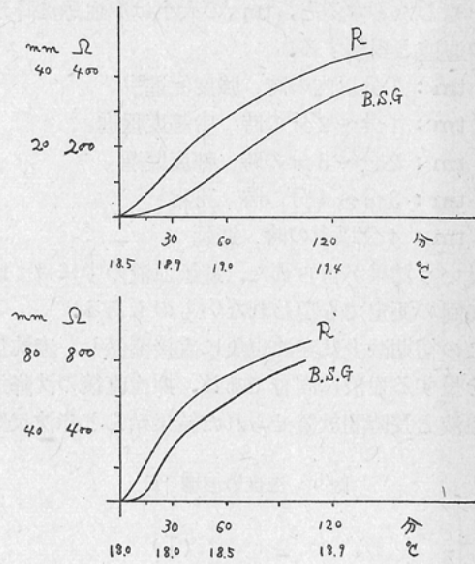
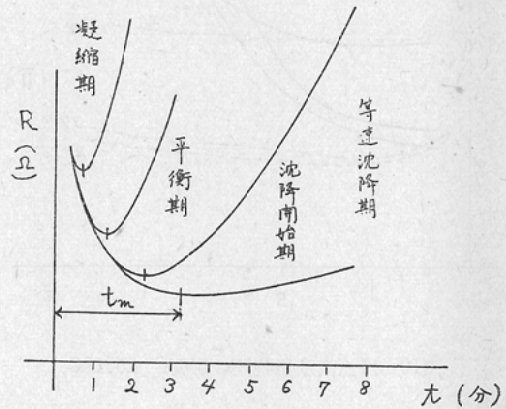


圖 16



反應に準じて次のような時期分類を行つた。これ以後は赤沈反應に於ける所謂“Sackung”に相當する。(16圖)

- イ. 初期減少: 凝縮期
- ロ.  $t_m$  前後: 平衡期
- ハ. 増大開始: 沈降開始期
- ニ. 等速増大: 等速沈降期

(IX) 考 按

Fricke H<sup>6)</sup> によると Spheroidal suspension によつて示される電氣傳導は次式によつて示され



る。

$$\frac{k-k_1}{k-k_2} \left(1 - \frac{k_2}{k_1}\right) = \beta \frac{\rho}{1-\rho} \dots\dots\dots (2)$$

茲にk: Suspension の比電導

k<sub>1</sub>: Suspending medium の比電導

k<sub>2</sub>: Suspended spheroid の比電導

ρ: Suspended spheroid の容積濃度

β: Suspended spheroid の長徑, 短徑, k<sub>1</sub> 及び k<sub>2</sub> から理論的に導き出される常數である。

Velick & Gorin<sup>12)</sup> はこれを更に Ellipsoidal suspension に迄擴張した。更に Cole<sup>35)</sup> は實數成分のみでなく, 複素 Impedance としてこれを一般化した, それを Spheroidal suspension によつて示される Impedance Z として, 細胞内部が Reactance を持たない電解傳導と考えると次式が成立する。

$$Z = r_1 \frac{(1-\rho)r_1 + (r+\rho)(r_2 + Zm/a)}{(1+r\rho)r_1 + r(1-\rho)(r_2 + Zm/a)} \dots (3)$$

茲にr<sub>1</sub>: Intercellular electrolyte の Resistivity

r<sub>2</sub>: Cytoplasm の Resistivity

Zm: Membrane Impedance

a: Major semiaxis

ρ: 組織又は浮游液に於ける細胞の容積濃度

γ: Shape factor equal to 2 for spherical cells & to 1 for cylindrical cells perpendicular to the applied field

(2) 式に於て k<sub>2</sub> = 0, (3) 式に於て Zm → ∞ とすれば夫々

$$1 - \frac{k_1}{k} = \beta \frac{\rho}{1-\rho} \dots\dots\dots (4)$$

$$Z = r_1 \frac{1 + 1/\gamma \cdot \rho}{1-\rho} \dots\dots\dots (5)$$

β, γ を適當な値に撰ぶと (4), (5) 式は同一となる。Stewart G.N<sup>9)</sup> は犬の血液を用い比色法, Hoppe-seyler の Chemical method, 夫々2回の平均値によつて ρ を精密に決定した後, これを定量稀釋, 濃縮することによつて, その電氣傳導度と ρ との關係を調べた。この實驗を Fricke は引用し β = -1.91 (長徑: 短徑 = 4:1) とした。

(4) 式は ρ の値が 15~81% の廣範圍に互つて ±2.2 % の正確さで合致することを示した。

β = -1.91 とすると (4) 式は

$$\frac{1/k_1}{1/k} = \frac{1-\rho}{1+0.91\rho} \dots\dots\dots (6) \text{ となる}$$

1/k<sub>1</sub> = R<sub>o</sub>, 1/k = R<sub>n</sub> とおき ρ = Ht とすると上記實驗式と殆ど一致する。

従つて私の方法で得た Ht 値は ρ と略と等しいことがわかる。且つてこれは健康人及び貧血患者の血液に對して適用出来ることも明らかである。

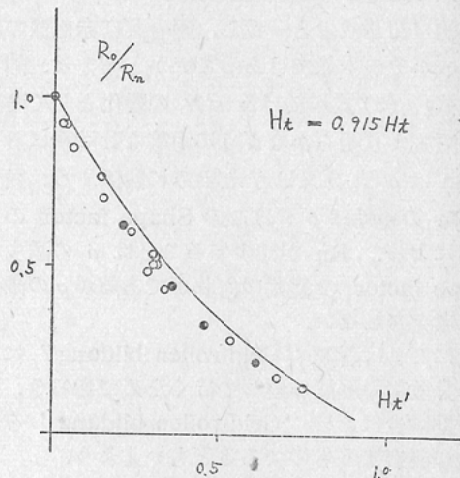
二重蓆酸血でも枸橼酸血でも略と同様である。因に蓆酸ナトリウム結晶<sup>19)</sup> 5~10mg を 5cc の血液に添加することによつて ρ は 3~5% の減少をきたすという。

Ht 値の正確度については Chapin & Ross<sup>21)</sup> Meyerson, Lyons, Parson, Nieset & Trautman<sup>27)</sup>, Ponder<sup>2)</sup> 等によつて詳しく検討されているが, Chapin によると遠沈の誤差に關する報告は 2%~12% の廣範圍に互るといふ, 氏等は Wintrobe 管を用いて 8.5% 眞値より大きい値を得ている。Meyerson 等もこれを支持している。

Millar<sup>19)</sup> は 4000 回, 30 分で Ht 値は略と一定するといふ, Ponder は Koepe の Criterion 迄超遠心沈澱すると眞の ρ 値を示すか否かに疑問を示している。

Chapin に従つて私の實驗の Ht 値に 0.195 を乗じたものが眞の ρ であるとすればこの ρ と R<sub>o</sub>/R<sub>n</sub> によつて決定される實驗曲線は (6) 式とは可成り離れる。

圖 17



又  $R_o/R_n$  の測定によつて Fricke 又は Cole の式から  $\rho$  を計算する方法は遠心沈澱度に無関係となり、電気計測技術の普及した現在適當な方法と思う。且つ  $R_o$  の値が統計的に可成り一致した値を示すことを利用して  $\rho$  の大略値を知るのみならば  $R_n$  を測定するだけでよいことになり極めて簡單である。

現在赤沈反應の本態について、それは赤血球の凝塊形成とその沈降であるとされている<sup>24)</sup>。従つて上記の實驗結果はすべてかゝる現象を電氣的に觀察した結果であると考えべきである。

長田<sup>25)</sup>の實驗式によると赤沈反應に際し、沈降しつゝある血柱内の赤血球濃度  $C$  は底部からの高さ  $h$  に関する次のような指數函數として示されている。

$$C = a \cdot e^{-bh} \quad a, b \text{ は常數}$$

この式はある時間に於ける(沈降反應開始後)各部の赤血球濃度を示すものであるが、赤沈 Conductance 曲線は逆に底部に於ける赤血球容積濃度の時間的な變化を示すことになる。

この曲線は底部に限らず任意の部分に於ける赤血球容積濃度の時間的推移を連続的に觀察するものとして興味あるものと思う。

次に初期減少について考える。高野<sup>18)</sup>によると、マラリア、ハイネメディン氏病、肺門浸潤兼發作性ヘモグロビン尿患者血液の凝固に際する電気傳導度の變化を追求し12~15分後迄も續く一過性増大を確認し、温度誤差ではないという。これは時間的に初期減少と一致し、兩者共に赤血球の凝塊形成がその本態ではあるまいかと考える。即ち(4)式、(5)式に於ける  $\beta, \gamma$  の變化として考える。兩式より明らかなように均等な分散系に於ては  $R_n$  は  $\rho$  と、 $\beta$  又は  $\gamma$  とのみに關係する。従つて  $R_n$  の變動は  $\rho$  又はこの Shape factor の何れかによる。 $R_n$  が減少することは  $\rho$  の減少か Shape factor の變動の何れかであるが  $\rho$  の減少とは考えられない。

故にこれは所謂“Geld-rolle bildung”によつて分散相の形態が變つて行くためであろう。逆に初期減少はこの“Geld-rolle bildung”を統計的に觀察するものであるともいへよう。

これは赤沈遲延血液ではその終末近く迄觀察でき、その時間的経過は亦一種の直角双曲線の如くである。正常又は促進血液では間もなく沈降現象が現れるために、これにカバーされ、その全経過を觀察出来ないものと考えられる。従つて初期減少が大きいことは凝塊形成が著明で、促進度も大と考え易いが實は逆の關係が見られるのはこのためであると思われる。

次に實用的見地から通常の赤沈反應とこの方法との鋭敏度を比較してみよう。

15, 16圖に見られるように Westergren 氏法に従つて赤沈棒の最小目盛 1mm に對し、 $R_n$  の値を  $10\Omega$  として(使用した交流ブリツジの最小目盛は  $0.3\Omega$ ) 夫々を單位として縦軸に、時間を横軸にとると全沈降経過が略々平行した曲線として表わされ、沈降の初期に於ては Conductance 曲線の方が遙に鋭敏に表われることが認められる。且つこれは沈降の正常或は遲延した血液に於ては明瞭であつて、最小目盛と比較して略々30倍以上の鋭敏度を示すものである。

又上記した  $t_m$  の測定を以て判定すると時間的にも略々20倍の鋭敏度を示す。

### (X) 總括

人體皮膚の交流 Impedance 測定實驗に續いて實驗對照は更に血液に迄擴張され、人血液の示す低周波に於ける電氣的性質を臨床血液検査に利用する試みが種々行われた結果、先ず次の二種の検査法に適用出来ることが明らかとなつた。即ち Fricke, Cole 等の細胞浮游液の Impedance に關する諸知見を擴張すれば正常及び病的人血液の主として  $10KC/S$  に於ける Conductance 値を測定することによつて、赤血球總容積測定及び赤血球沈降反應測定を電氣的に行い得ることが明らかとなつた。

即ち

#### (イ) 赤血球總容積測定

正常及び或る種の貧血患者血液について、血液及び血漿の Conductance 値の比率から Fricke, 又は Cole の式を用いて、その赤血球容積濃度が算出出来ることを認めた。充分遠心沈澱を行うこ

とによつて得られたHt値は上記の式の赤血球容積濃度と略一致することを認めた。又この電氣的測定法は遠心沈澱の大小に殆ど無關係であり、且つ操作も簡單で概略値を得るためには血液 Conductance 値のみの測定で足る。

#### (ロ) 赤血球沈降反應

この反應の正常、促進及び遅延せる種々の人血液について、その血液柱の底部に於ける Conductance 値を測定し、これが時間の経過と共に一定した變動を示すこと、即ち初期に於ける一過性の増大、次で極大期の現われ、其後長く持續する減少が見られることが明らかとなつた。

又この變動の経過は赤沈現象と直接關係することを實驗的に確めた。且つこの現象は赤血球の凝塊形成とその沈降を電氣的に觀測したものと判斷され、血液 Conductance の時間的變化を測定することによつて赤血球沈降反應に代え得ることを認めた。この方法は Westergren 氏法に比し遙に鋭敏であり且つ時間的にも數分間で判定することが可能である。又初期に於ける Conductance 値増大現象についても検討した。

#### (XI) 結 言

低周波に於ける血液の Conductance 値を測定する場合適當なる條件によれば次の2つの測定が可能である。

- (1) 赤血球總容積測定
- (2) 赤血球沈降反應測定

本論文の要旨は3回に亙つてその一部宛日本醫學放射線學會及び同關西部會に於て口演した。

尙恩師西岡時雄教授を初めとし懇切なる御教導を賜つた教室の諸先輩、並びに共同研究者山崎武助手らの諸氏に深甚の謝意を表す。

#### (XII) 文 獻

1) Bugartzky S. & Tangle F.: Zentralb. phy-

siol. XI, 297 (1897). — 2) Ponder E.: Am. J. physiol. 134, 739 (1941). — 3) Roth W.: Zentralb. physiol. 271 (1897). — 4, 5) Oker-Blom M.: Pflüger's arch. f. d. physiol. 79(I) 111, (II) 553 (1900). — 6) Stewart G.N.: J. pharmac. & exp. therap. 1, 49 (1909). — 7) Höber R.: Pflüger's arch. f. d. ges. physiol. 133, 237 (1910). — 8, 9) Fricke H.: J. gen. physiol. Vol. 6, 375, 745 (1924). — 10) Cole K.S.: J. gen. physiol. Vol. 15, 641 (1932). — 11) Cole K.S. & H.J. Curtis: J. gen. physiol. Vol. 21, 591 (1938). — 12) Velick S. & M. Gorin: J. gen. physiol. Vol. 23, 753 (1940). — 13) Maxwell J.C.: Treatise on Elect. & Magn. (Cole より引用). — 14) 久崎, 堀内: Jap. J. of med. sciences III Biophysics, 3, 227 (1935—1936). — 15) 問田直幹: 日本生理誌, 6, 3, 153 (1941). — 16) 仁木, 三浦: 昭和醫大生理論文集, 1 (1951). — 17) 岩瀬善彦: 醫學と生物學, 9卷, 4號, 207 (昭21). — 18) 高野千石: 科學, 17卷, 10號, 326 (1947). — 19) Ponder E.: Haematocrit method, med physics, by O. glasser, 597 (1947). — 20) Hahn P. F. & Bale W.F.: Am. J. physiol. 136 (1942). — 21) Chapin M.A. & Ross J.F.: Am. J. physiol. 137, 447 (1942). — 22) 金井泉: 臨床検査法, 161 (昭27). — 23) Fähraeus R.: Physiol. Rev. IX, 241 (1929). — 24) 三友義雄: 赤沈 (昭27). — 25) Ponder E.: Sedimentation, Blood, Med. Physics by O. Glasser, p. 1408 (1947). — 26) Linzenmeier G.: Zentralb. f. Gynäk. 44, 816 (1920). — 27) Meyerson H.S.: Lyons C., Parson W., Nieset R.T., & Trautman W.V. Jr.: Am. J. physiol. 155, 232 (1948). — 28) 長田泰公: 日本生理誌, 16, 12 (1954). — 29) Fricke H. & S. Morse: J. gen. physiol. 9, 153 (1926). — 30) 加藤勝治: 血液學研究法, 9, 40 (昭25). — 31) Förster F.: Electrochemie wässriger Lösungen, 116 (1923). — 32) 山口, 室戸: 化學實驗學, 2, 395 (昭16). — 33) Cole K.S. & H.J. Curtis: Electrical resistance & Impedance of cells & Tissues. Med. Physics by O. Glasser. 344 (1947). — 34) 神保成吉: 電氣磁氣測定 (昭27). — 35) Cole K.S.: Cold. spr. harb. symp. on Quant. Biol. 8, 110 (1940).