

赤血球沈降速度ニ影響スル諸種 物理學的條件ニ關スル研究 (第1回報告)

岡山醫科大學生理學教室(主任生沼教授)

山本宗平

本論文ノ梗概ハ、昭和5年2月第41回岡山醫學會總會
並ニ同年4月第9回大日本生理學會ニ於テ發表セリ。

内容目次

第1章 緒言	第6章 血球荷電ガ赤血球沈降速度ニ及ボス影響
第2章 實驗方法	第7章 磁場ノ赤血球沈降速度ニ及ボス影響
第3章 「フィブリノーゲン」液、「グロブリン」液 並ニ「アラビアゴム」液ニ於ケル赤血球沈 降速度ニ就キテ	第8章 第3章ヨリ第7章マデノ全實驗ニ對スル 考案
第4章 液體對血球總容積比ノ赤血球沈降速度ニ 及ボス影響	第9章 赤血球沈降現象ノ顯微鏡的觀察
第5章 赤血球沈降速度測定管底ノ、赤血球沈降 速度ニ及ボス影響	第10章 赤血球沈降速度測定管ノ口径ノ、赤血球 沈降速度ニ及ボス影響
	第11章 結論 主要文獻

第1章 緒言

Fahraeus¹⁾氏ガ妊婦血液ニ於テ、其赤沈速度(赤血球沈降速度)ハ健康女子ノ夫レニ比シテ速カナル事ヲ報告セシ以來、之等ニ關スル諸家ノ業績ハ續々トシテ現ハレ、今ヤ臨牀上各種疾患、例之急性傳染性疾患、結核、徽毒、惡性腫瘍、妊娠、糖尿病、神經性疾患、更ニ近來腎炎等ニ於テ夫等ノ赤沈速度ガ促進ストノ事實ハ略ボ簡明セラレタレドモ、之ガ本態ニ關シテハ尙ホ諸家ノ見解相一致セズ。從而之等ニ關與スベキ因子トシテ舉ゲラルルモノ亦頗ル多シ。而シテ之等ヲ總括セバ大略次ノ3種ニ分類スルヲ得ベシ。

a) 血球ノ状態、b) 血漿對血球總容積比、c) 血漿或ハ血清ノ状態、之ナリ。

a) 血球ノ状態ニ關シテハ、血球凝集ヲ惹起セル血液ニ於テハ赤沈速度ガ著シク増大スルコトハ、已ニ Fahraeus氏以來多數諸家ノ唱導スル所ニシテ、血球凝集ノ原因ニ關シテハ Fahraeus, Höber²⁾, Linzenmeier³⁾等ノ諸氏ハ、血球ノ陰性荷電ノ減少ニ歸シ所謂 Ladungstheorie ヲ以テ之ヲ説明セリ。Abderhalden⁴⁾, 小笠原⁵⁾, 上野⁶⁾等ノ諸氏ハ血球自己ニモ亦赤沈速度促進ノ原因アリト云フ。Bürker⁷⁾氏ハ各種動物ノ血球ニ於

テ、其直径及比比重ノ大ナルモノハ一般ニ赤沈速度ヲ促進セシムト云フ。其他赤血球數或ハ血色素量ノ減少ハ赤沈速度ヲ促進セシムト云フ學者アリ (Abderhalden, 大谷⁸⁾, 長島⁹⁾, 藤原¹⁰⁾, Plaut¹¹⁾ 等ノ諸氏)。

b) 血漿對血球總容積比ニ關シテハ、血漿ニ對スル血球總容積比、即チ $\frac{\text{血球總容積}}{\text{血漿容積}}$ ノ減少スルニ從ヒテ、其赤沈速度ノ促進スルコトハ諸家ノ見解略ボ一致セル所ナリ (Gram¹²⁾, Öttingen¹³⁾, 木村¹⁴⁾, 津田及比堤¹⁵⁾, 村上¹⁶⁾, 清水¹⁷⁾, 上野, 赤澤¹⁸⁾ 等ノ諸氏)。

c) 血漿或ハ血清ノ状態ニ關シテハ、種々ナル疾患ニ際シ之等ノ蛋白分 (Eiweissfraktion) ニ變化ヲ來シ、之等ガ赤沈速度ヲ促進セシムトナスモノニシテ、1) Fibrinogen 増量ヲ主因トミルモノ、(Linzenmeier, Sachs u. Öttingen¹⁹⁾, Starlinger²⁰⁾, Gram, Ley²¹⁾, 小松原²²⁾, 恒川並ニ村松²³⁾, 藤原等ノ諸氏)。2) Serumglobulin 對 Albumin 即チ蛋白商數 $\frac{\text{alb.}}{\text{glob.}}$ Eiweissquotienten ノ減少ヲ主因トミルモノ、(Fuhrneus, Höber, Westergren²⁴⁾, 津田及比堤, 大谷, 上野等ノ諸氏)。3) Fibrinogen 増加ニ依ル Serumglobulin 對 Albumin ノ比ノ減少ヲ主因トミルモノ、(清水, 長島, 赤澤等ノ諸氏)。4) Cholesterin 對 Lecithin ノ比ノ減少ヲ主因トミルモノアリ (Kürten²⁵⁾, 西方²⁶⁾ 等ノ諸氏)。坂井²⁷⁾ 氏ハ脾剝出後、血清「コレステリン」増量ガ赤沈速度促進ト主要ナル關係アリト云フ。又一方ニ於テハ血漿又ハ血清ノ物理學の條件、例之粘稠度、比重及比表面張力ト赤沈速度トノ關係ヲ顧シ者少カラズ。1) 比重ニ關シテハ赤沈速度大ナルモノハ比重小ナリト稱スルモノアリ (津田及比堤, 小松原)。之等ニ相反シ比重ト赤沈速度トハ兩者ノ關係少ナシト稱スルモノアリ (村上, 長島, 上野)。2) 粘稠度ニ關シテハ、無關係ナリト稱スルモノアリ (大谷, 村上, 藤原)。又赤沈速度ノ増大ニ伴ヒテ粘稠度ノ低下ヲ認め、沈降速度促進ノ一因子ト看做スモノニ津田及比堤氏アリ。補佐の原因ト看做スモノニ小松原氏アリ、又赤沈速度促進ニ一致シテ粘稠度ノ上昇ヲ主張スルモノアリ (Ley, 木下²⁸⁾, 清水, 上野, 長島, 赤澤等ノ諸氏)。3) 表面張力ニ關シテハ、赤沈速度大ナルモノハ表面張力小ナリト稱スルモノ (Öttingen, Sachs u. Öttingen, 小松原)、之等ニ相反シ赤沈速度ノ増大ニ平行シテ表面張力ガ増大スト稱スルモノ (大高²⁹⁾)、兩者無關係ナリト稱スルモノアリ (大谷, 藤原)。

抑、液體中ニ夫レヨリモ比比重ノ大ナル微粒子ガ散在シ、之ガ一定速度ヲ以テ液體中ヲ沈降スル場合、其速度ニ關シテハ已ニ Stokes 氏ノ式アリ。

$$V = \frac{2}{9} \cdot \gamma^2 \cdot \frac{(S_0 - S_1) \cdot g}{\eta} \dots \dots \dots (1)$$

(1) 式中、V=速度、 γ =微粒子ノ半径、 S_0 =微粒子ノ比重、 S_1 =液體ノ比重、 η =液體ノ粘稠度、 g =重力ニヨル加速度ヲ示ス。

故ニ赤血球沈降速度ガ、血球ノ半径ノ自乗並ニ血球比重ト血漿比重トノ差ニ正比例シ、血漿ノ粘稠度ニ逆比例スベキコトハ、物理學上當然ノコトトス。然レ共本式ハ液相極メテ廣ク且分散質ノ濃度極メテ小ニシテ、殆ド微粒子相互ノ影響無キ場合ヲ規定セルモノナレバ、血球ノ如キ比較的大ナル粒子ガ一定容積内ニ於ケル數ヲ増加スル時ハ、此點ヲ考慮セザルベカラザルハ勿論ナリトス。

斯ル見地ニ基キ從來諸家ノ云フ所ヲ觀ルニ、沈降塊ノ大サヲ増大セルモノト考フ可キ血球凝集アルモノガ、赤沈速度ヲ促進セシムルコトハ物理學上當然ノ歸結ナレ共、2—3ノ諸家ガ赤沈速度促進セル場合ニ於テ血漿ノ粘稠度或ハ比重ガ之ト極メテ關係少キカ、或ハ夫レト全然關係ナシト云ヒ、或ハ斯ル際寧ろ血漿ノ粘度ノ増大ヲ認めシト云フガ如キ一見 Stokes 式ノ示ス所ニ矛盾セルヤノ感アレ共、之等ノ場合ハ恐ラク赤沈速度ニ及ボス他ノ影響ガ、血漿ノ粘度或ハ比重ノ夫レニ比シ比較的大ナリシモノト解スルヲ得ベク、毫モ血

漿ノ粘度或ハ比重ガ赤沈速度ニ關係セズト斷ジ得ベキモノニ非ズト信ズ。

斯ノ如ク從來諸家ノ研究ハ、主トシテ人類ノ病的血液ヲ材料ニ用ヒテ、各種疾患ト赤沈速度トノ關係、或ハ之ガ促進ノ本態ニ關シ其解決的鍵ヲ握ラント努メシモノ多キガ如シ。反之余ハ專ラ健康動物ノ血液ヨリ得タル種々ナル材料ヲ用ヒテ、可及的諸條件ヲ一定シ、其内一條件ゾツツ變化シテ其條件ノ赤沈速度ニ及ボス影響ヲ研究セリ。而シテ從來赤沈速度ニ關與スベキ、諸種物理學的條件ヲ研究セシ者、數多アレドモ夫等ノ觀察方法ニ關シテハ、尙ホ不備ノ點多クアルヲ免レズ。余ハ之等不備ノ點ヲ補ハンガ爲、次ニ述ブルガ如キ方法ヲ以テ、之等相互ノ關係ヲ一層精細ニ觀察セリ。

即チ前掲ノ Stokes 式 ((1) 式參照) ニ於テ明カナル如ク、赤沈速度ハ血球半径ノ²乗及ビ血球比重ト液體(血漿)比重トノ差ニ正比シ、液體(血漿)ノ粘稠度ニ逆比ス。故ニ今、大サノ一定セル血球ヲ用ヒテ赤沈速度ヲ檢査スル場合、若シ血球及ビ液體(血漿)ノ比重並ニ液體(血漿)ノ粘稠度以外ニ、何等赤沈速度ニ關與ス可キ因子ナシト假定セバ、Stokes 式ヨリ次ノ關係(2及ビ3式)ヲ觀ザル可カラズ。

$$V = \frac{h}{t} = K \frac{(S_0 - S_1)}{\eta} \dots\dots\dots(2)$$

(2) 式中、Vニ赤沈速度、hニ血球沈降ノ高さ、tニ觀察時間、Kニ恒數、S₀ニ血球ノ比重、S₁ニ液體(血漿)ノ比重、ηニ液體(血漿)ノ粘稠度ヲ示ス。

故ニ(2)式ヨリK値ヲ求ムレバ(3)式ノ如シ。

$$K = \frac{h}{t} \div \frac{(S_0 - S_1)}{\eta} \dots\dots\dots(3)$$

即チ血球ノ大サガ一定セル場合ニ於テ赤沈速度ガ單ニ血球比重(S₀)、液體(血漿)ノ比重(S₁)並ニ粘稠度(η)ノミニ支配セラル可キモノト假定セバKノ値ハ一定ナルヲ示ス。余ハ毎常同一條件ノ牛血球ヲ、種々ナル性狀ノ液體ニ混合シテ、夫等ノ赤沈速度ヲ測定スル際ニハ、同時ニ(3)式ニ依リテ之等ノK値ヲ求メ、其一致セルヤ否ヤヲ確メ、若シ一致セザル場合ニハ(S₀) (S₁) 並ニ(η)以外ニ赤沈速度ニ影響ス可キ因子ニ就キテ更ニ探究シ聊、興味アル成績ヲ得タレバ、茲ニ報告セントス。

第2章 實驗方法

赤沈速度ハ種々ナル要約ニ依リテ、影響ヲ被ルモノニシテ血液自己ノ變化ノ外ニ、取扱ノ如何ニヨリテモ亦多大ナル影響ヲ被ルモノニシテ、赤沈速度ノ檢査ニ當リテハ、之等ノ諸點ヲモ考慮ス可キ事ハ、已ニ古ク Fahraeus, Linzenmeier, Westergren 等始メ多數諸家ノ云フ所ナリ。即チ1) 血液凝固防止藥ノ濃度並ニ新舊、2) 血液凝固防止藥ト血液トノ混合比例、3) 全血液柱ノ高さ、4) 試験管ノ口径並ニ位置、5) 溫度、6) 採血時ニ採血部ノ鬱血ノ有無、7) 凝固、或ハ溶血現象ノ有無、8) 採血後ニ於ケル血液ノ貯藏時間、9) 攝取食餌ノ影響等之ナリ。余モ亦本法實施ニ際シテ以上ノ諸點ヲ考慮セリ。

1) 實驗材料。血球ハ專ラ牛ノ新鮮ナル洗滌血球ヲ使用シ、之ヲ浮游スベキ液體ニハ實驗ノ目的ニ依リテ種々ナルモノヲ併用セリ。

2) 沈降速度測定管。ハ已ニ先進學者ニ依リテ種々ナルモノヲ使用セラルルト雖、余ハ第5章及ビ第10

章ニ述ブル所ノ實驗ニ基キ、内徑 0.5 cm、長サ 12.0 cm ノ有底細試験管ヲ特ニ調製シ、其内容 1.0 cc ノ所即チ底ヨリ 5.0 cm ノ所ニ横ニ劃線ヲ施シ、之ヨリ管底ニ向ヒテ 1.0 mm 毎ニ正確ニ目盛セルモノヲ使用セリ。而シテ之ニ被檢液 1.0 cc ヲ入ル時ハ、當然液面ハ何レモ同一ノ高サヲ保ツモノナリ。該試験管ハ一旦使用ノ後ハ、之ヲ充分清洗且乾燥セシメテ次回ノ用ニ供セリ。

3) 各被檢液. ハ豫メ別ノ試験管内ニ於テ血球ト夫々充分平等ニ混和セシ後、該液ヲ尖端ノ細長キ「ピペット」ヲ以テ靜カニ沈降測定試験管内ニ注入シ、其 1.0 cc ノ目盛線ニ至ラシム。之ヲ直ニ試験管架ニ直立セシメ更ニ恒溫水槽装置内ニ正シク靜置スルモノトス。

4) 試験管架. ハ沈降測定管ヲ正シク垂直ニ保持セシメ且亦水槽内ニ入ルル必要上ニガ彎曲、膨脹或ハ水面浮動等ヲ防止センガ爲メ、特ニ金屬性ノモノヲ調製セリ、即チ試験管ノ臺板上 0.7 cm ノ高サニ之ト平行ニ 1 枚ノ金屬板ヲ置キ、更ニ亦 8.0 cm ノ高サニ別ノ金屬板ヲ前者ト平行ニ置キ、之等兩金屬板ニハ沈降測定管ノ外徑ト殆ド一致スル大サノ孔ヲ等距離ニ穿チ、上下兩板ノ孔ハ正シク垂直ニ相對スル様ニ金屬板ヲ試験管臺ノ支柱ニ取り付ケ、以テ沈降測定管ノ動搖乃至ハ傾斜ヲ防ギ、且夫レガ常ニ垂直ノ位置ヲ保持セシムルコトニ注意セリ。

5) 赤沈速度測定時ニ於ケル溫度. 赤沈速度ニ及ボス溫度ノ影響ニ關シテハ、低溫ハ之ヲ遲延セシメ高溫ハ之ヲ促進セシムルコトハ已ニ Linzenmeier 氏以來多數先人ノ云フ所ナリ。然レドモ臨牀上多數ノ士ハ室溫ニ於ケル検査ガ、15°—22°C (Fahrenheit), 17°—20°C (Westergren), 20°—25°C (長島) ノ如キ範圍内ニ於テハ溫度ノ赤沈速度ニ及ボス影響ハ僅少ナルモノトナセリ。而シテ余ノ實驗ハ赤沈速度ノ根本條件ヲ究メントスルニアルヲ以テ、實驗ノ正確ヲ期センガ爲メニ、常ニ恒溫器ヲ用キテ一定溫度ノ下ニ實驗セリ。

6) 赤沈速度ノ表示方法. ニ關シテハ從來 2 種ノ方法アリ、即チ Linzenmeier 氏等ノ如ク一定ノ血漿柱ヲ生ズルニ要スル時間ヲ以テスルモノ、或ハ Fahraeus, Westergren 氏等ノ如ク一定時間内ニ生ズル血漿柱ノ高サヲ以テスルモノナリ。余ハ毎 60 分間ニ生ゼシ血漿柱即チ血球ノ沈降ノ高サ h (mm) ヲ、其時間ノ數値即チ 60 ニテ除セル商ヲ以テ之ヲ示セリ。尙ホ場合ニ依リテ、血球層ト血漿層トノ境界ガ、不鮮明ナルコトアリ。此際ニハ不鮮明部ガ血球ノ等質濃度部ニ移行スル境界ヲ以テ、沈降ノ高サト看做セリ。

7) 赤沈速度ノ觀察時間. ニ關シテハ各研究者ニ依リ其目的ノ異ナルニ依リテ種々ナレドモ、余ハ比較スベキ各被檢液ノ赤沈速度ノ差異ヲ一層明瞭ナラシメ、且赤沈速度ノ時間的經過ヲ嚴密ニ追究センガ爲メ、全觀察時間ヲ時間迄トセリ。

8) 牛血漿. ハ常ニ牛ノ碳酸血ヨリ遠心分離セルモノヲ使用セリ。

9) 牛血清. ハ牛ノ脱纖維血ヨリ血漿ト同様ニ遠心分離セルモノヲ使用セリ。

10) 生理的食鹽水. ハ總ベテ 0.85% ヲ使用セリ、以下單ニ食鹽水ト稱ス。

11) 血球浮游液. ハ血漿分離後ノ血球ヲ 10 倍以上ノ食鹽水ヲ以テ稀釋シ、次デ「ガーゼ」ヲ以テ 2 回濾過シ、之ヲ遠心沈澱セシメ、其際血球ノ最上層ニ白血球或ハ血小板等ノ薄キ白色層生ズルニ依リ、之等ハ洗滌ノ都度食鹽水ト共ニ除去シ、斯ク食鹽水ヲ以テ洗滌スルコト 4—5 回、之ヲ適當ナル濃度ニ稀釋シテ使用セリ。而シテ血球ハ採血後、可及ノ新鮮ナルモノヲ用フルコトハ勿論ニシテ、且比較スベキ同一實驗ニハ常ニ採血時ノ異ナラザル同一血液ノモノヲ用ヒ、多クノ場合血球ハ各被檢液ノ 1/10 容積ノ割合ニ混合シテ夫等ノ赤沈速度ヲ測定セリ。

第3章 「ファイブリノーゲン」液、「グロブリン」液並ニ「アラビアゴム」液ニ於ケル赤血球沈降速度ニ就キテ

余ハ已ニ緒言ノ條下ニ於テ、大サノ一定セル血球ヲ用ヒテ赤沈速度ヲ検査スル場合、若シ赤沈速度ガ單ニ血球比重(S_0)及ビ液體(血漿)ノ比重(S_1)並ニ粘稠度(η)ノミニ支配セラル可キモノト假定セバ、恒數 K ノ値ガ一定ナル可キ事ヲ述ベタリ。尙ホ又斯ル場合血球ノ比重モ一定ナラバ、液體(血漿)ノ比重並ニ粘稠度ノ増大ニ伴ヒテ、赤沈速度ノ減少ス可キ事ハ當然ノ理ナリ(前掲(2)及ビ(3)式参照)。此處ニ於テ余ハ之等ノ關係ヲ確メンガ爲メ、牛血ヨリ分離セシ「ファイブリノーゲン」液並ニ「グロブリン」液、其他「アラビアゴム」液ニ各1/10容積ノ割合ニ、條件ノ同一ナル牛血球ヲ混ジ、夫等ノ赤沈速度並ニ K 値ヲ測定セントシテ本實驗ヲ企圖セリ。而シテ實驗材料ニ「ファイブリノーゲン」液、又ハ「グロブリン」液ヲ用キ所以ハ、血漿中ニスル蛋白質ノ増量ヲ來ス場合ニハ、少クトモ夫等ノ粘稠度ヲ増大セシメ赤沈速度ハ小トナル可キ筈ナルニ、從來臨牀上種々ナル疾患ノ際ニハ、之等ノモノノ増量ハ却而赤沈速度ノ増大ヲ來スコトヲ云ハルニ在リ。果シテ然ラバ之等蛋白溶液中ニ於ケル赤沈速度ハ、余ガ已ニ述ベタルガ如キ條件以外ニ、尙ホ特種ノ重要ナル因子ニ依リテ影響ヲウク可キ事ヲ豫想シ得ルモノニシテ、之等ノ關係ヲモ同時ニ觀察センガ爲ナリ。又本實驗ニ際シ「ファイブリノーゲン」液、又ハ「グロブリン」液ノ外ニ、「アラビアゴム」液ニ就キテモ同様ナル檢索ヲ行ヒシハ、是レ前者ガ人工的ニ其純粹濃厚ナルモノヲ分離シ難キニ反シ、後者ハ其6.0%食鹽溶液ガ殆ド等張性ナルヲ以テ、生理的食鹽水稀釋ニ依リテ、夫等ノ粘稠度或ハ比重ノ條件ヲ著明ニ變化セシメ、其赤沈速度トノ關係ヲ一層明瞭ニ觀察シ得ベク、且又之等ハ前者ト等シク膠質溶液ニシテ其ノ性状ヨク相似タルモノナレバナリ。

第1項 實驗方法

牛血ヨリ「ファイブリノーゲン」及ビ「グロブリン」ヲ分離シ、夫等ノ一定濃度ノ等張性原基液ヲ調製シ、其他6.0%「アラビアゴム」液ヲ夫々食鹽水ヲ以テ倍數稀釋シテ、夫等ノ物理學的條件ヲ種々ニ變化セシメシモノニ、各1/10容積ノ割合ニ牛ノ洗滌血球ヲ加ヘテ其ノ赤沈速度ヲ測定スルト同時ニ、各稀釋液ノ比重、粘稠度並ニ表面張力等ヲ測定シ已ニ述ベタルガ如キ方法ニ依リテ各 K 値ヲ求メテ觀察セリ。

1) 比重ノ測定. 一定溫度ニ於ケル各被檢液ヲ内容10ccニシテ且寒暖計ノ附屬セル比重壺ヲ用キ法ニ從ヒテ之ヲ測定セリ。但シ溫度ノ補正ヲ省略セシ故ニ比重ニハ每常其測定時ノ溫度(C)ヲ附記セリ。

2) 粘稠度ノ測定. 之ニハ每常 Ostwald 氏粘度計ヲ用キ、一定溫度ニ於ケル蒸餾水ニ對スル比粘度ヲ示セリ、而シテ比較ス可キ各被檢液ハ何レモ同一溫度ニ於テ測定シ其都度測定時ノ溫度ヲ附記セリ。

3) 表面張力ノ測定. 之ニハ Stalagmometer ヲ用キテ蒸餾水ニ對スル比ノ値ヲ求メテ之ヲ示セリ。

4) 各溶液ノ調製法

a) 「ファイブリノーゲン」液. 牛血ヨリ採取セシ磷酸血漿ニ同容積ノ飽和食鹽水ヲ徐々ニ注入シテ「ファイブリノーゲン」ヲ析出セシメ、之ヲ遠心分離シ茲ニ生ゼシ沈渣ヲ滅菌蒸餾水ニ可及的濃厚ニ溶解セシメ動物膜ヲ以テ透析シ、餘剩ノ鹽類ヲ除去セシ後之ヲ低溫蒸發シテ濃縮セシメ、更ニ「ガーゼ」ヲ以テ3回濾過シテ之ヲ實驗ニ供セリ。其使用ニ當リテハ Haematokrit 法ニ依リテ等張性ナルヤ否ヤヲ檢シ、若シ低張ナル場合ニハ之ニ適當量ノ食鹽ヲ附加シ、高張ナル場合ニハ之ヲ滅菌蒸餾水ヲ以テ稀釋シ、等張性トナシタルモノヲ實

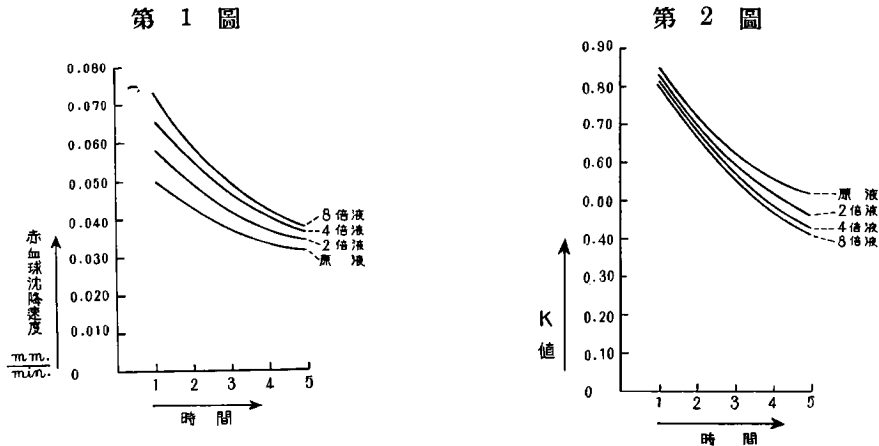
驗ニ供セリ。更ニ本液ハ「トロンピン」トシテ新鮮ナル牛血清ヲ之ニ附加シテ、其完全ニ凝固スル事ヲ確メ變質セザリシモノニ就キテ實驗ヲナセリ。

b) 「グロブリン」液。牛ノ脱纖維血ヨリ血清ヲ採取シ、之ニ同容積ノ飽和硫酸「アンモニウム」液ヲ混和シテ「グロブリン」ヲ沈降セシメ、此沈渣ヲ透析濃縮セシメ等張性トナシタルモノヲ使用セルコトハ「フィブリノーゲン」液ニ同ジ。而シテ之等蛋白溶液ノ蛋白質定量ニハ Esbach 氏法ヲ使用セリ。

c) 「アラビアゴム」液。其 6.0% 食鹽溶液ガ牛血球ニ對シ等張性ナル事ヲ確メタレバ、本實驗ニハ斯ルモノヲ使用セリ。其調製法ハ先ヅ「アラビアゴム」粉末ヲ乳鉢ニ入レテ充分研磨シツツ徐々ニ少量宛食鹽水ヲ注入シテ乳化セシメ、後清潔ナル消毒「ガーゼ」ヲ 3 重ニ折り疊ミテ濾過スルコト 3 回、全ク粗大ナル沈澱物質ノ無キヲ確メタル後實驗ニ供セリ。

第 2 項 實驗成績

「フィブリノーゲン」液、「グロブリン」液竝ニ「アラビアゴム」液ニ於ケル實驗成績ハ夫々第 1 表、第 2 表、第 3 表ニ示サガ如シ。尙ホ又之等 3 種溶液中ノ各稀釋液ニ於ケル赤沈速度竝ニ K 値ノ時間的關係ハ略ボ同一ナレバ、「グロブリン」液ニ於ケル之等ノ關係ノミヲ圖示セリ（第 1 圖及ビ第 2 圖參照）。



今之等 3 種ノ溶液ニ於ケル成績ヲ觀ルニ、1) 「フィブリノーゲン」液、「グロブリン」液竝ニ「アラビアゴム」液ニ於テ、何レモ其比粘度竝ニ比重ノ漸減ニ相伴ヒテ其赤沈速度ノ促進ヲ觀ルモノニシテ、略ボ Stokes ノ法則ニ一致スルヲ知レリ。即チ斯ル膠質溶液ノ濃度増加ニ從ヒテ赤沈速度ハ小ナルヲ示セリ。Linzenmeier 氏ニ依レバ「フィブリノーゲン」液竝ニ「グロブリン」液ニ於テハ、血球ノ陰性荷電ヲ減少セシメ之ト平行シテ赤沈速度ノ増大ヲ觀察シ之等蛋白質ノ陽性荷電體ナル事ヲ力説シ、尙ホ正常血漿或ハ生理的食鹽水ニ Gelatin, Gummi arabicum, Mucin 等ノ如キ粘着質(Klebrige Stoffe)ヲ附加スル時ハ著シク血球ノ陰性荷電ヲ減退セシメ、以テ赤沈速度ノ促進ヲ來スコトヲ實驗セリ。爾來多數臨牀諸家ニ依リテ、各種疾患時ニ血漿中

第1表 「ファイアブリノーゲン」液

時間 稀釋液	赤血球沈降速度 (16°C)												比粘度 (16°C)(17°C)	比重 (16°C)	表面張力 (17°C)	$\frac{S_0 - S_1}{\eta}$			
	1			2			3			4							5		
	h_1	$\frac{h_1}{60}$	K	h_2	$\frac{h_2}{60}$	K	h_3	$\frac{h_3}{60}$	K	h_4	$\frac{h_4}{60}$	K					h_5	$\frac{h_5}{60}$	K
原液	2.5	0.042	0.53	2.4	0.040	0.51	2.2	0.037	0.47	2.0	0.033	0.43	1.9	0.032	0.40	1.084	1.015	0.96	0.078
2倍	2.7	0.045	0.52	2.6	0.043	0.50	2.3	0.038	0.44	2.2	0.037	0.42	2.1	0.035	0.40	1.046	1.009	0.97	0.087
4倍	2.8	0.047	0.52	2.6	0.043	0.48	2.4	0.040	0.44	2.2	0.037	0.41	2.1	0.035	0.39	1.026	1.007	0.98	0.090
8倍	2.9	0.047	0.51	2.6	0.043	0.47	2.4	0.040	0.43	2.3	0.038	0.41	2.1	0.035	0.38	1.020	1.006	0.98	0.092

備考 1. $V = \frac{h}{t} = K \cdot \frac{(S_0 - S_1)}{\eta}$, $\therefore K = \frac{h}{t} \cdot \frac{\eta}{(S_0 - S_1)}$
 本式中, V=赤血球沈降速度, h=血球沈降ノ高さ, t=觀察時間, K=恒數, S_0 =血球ノ比重, S_1 =液體ノ比重, η =液體ノ比粘度ヲ示ス。
 2. h_1, h_2, \dots, h_5 各1, 2, 5時間目ニ於ケル血球沈降ノ高さ(mm)ヲ示ス。
 3. $\frac{h_1}{60}, \frac{h_2}{60}, \dots, \frac{h_5}{60}$ 夫々1, 2, 5時間目ニ於ケル赤血球沈降速度($\frac{mm}{min}$)ヲ示ス。
 4. $\frac{S_0 - S_1}{\eta}$ 式ノ値ヲ算出スルニハ每常 $S_0 = 1.100$ (牛血球ノ場合)ト定ム。
 5. 赤血球沈降速度, 比粘度, 比重, 表面張力=附記セル温度ハ夫々之等ノ測定時ニ於ケル温度(C)ヲ示ス。
 6. 「ファイアブリノーゲン」原液ノ蛋白含有量ハ2.5%ナリ。以下ノ表ハ之ト同様ナリ。

第2表 「グロブリン」液

時間 稀釋液	赤血球沈降速度 (22°C)												比粘度 (22°C)	比重 (22°C)	表面張力 (23°C)	$\frac{S_0 - S_1}{\eta}$			
	1			2			3			4							5		
	h_1	$\frac{h_1}{60}$	K	h_2	$\frac{h_2}{60}$	K	h_3	$\frac{h_3}{60}$	K	h_4	$\frac{h_4}{60}$	K					h_5	$\frac{h_5}{60}$	K
原液	3.0	0.050	0.85	2.5	0.042	0.70	2.2	0.037	0.62	2.0	0.033	0.56	1.8	0.030	0.51	1.340	1.021	0.95	0.059
2倍	3.5	0.058	0.83	2.9	0.048	0.69	2.5	0.042	0.60	2.1	0.036	0.51	1.9	0.032	0.45	1.235	1.013	0.96	0.070
4倍	4.0	0.067	0.83	3.3	0.055	0.68	2.8	0.046	0.57	2.4	0.040	0.49	2.1	0.035	0.43	1.105	1.010	0.96	0.081
8倍	4.4	0.073	0.81	3.5	0.059	0.65	2.9	0.049	0.54	2.5	0.042	0.47	2.2	0.036	0.40	1.038	1.007	0.97	0.090

備考 「グロブリン」原液ノ蛋白含有量ハ10.5%ナリ。

第3表 「アラビアゴム」液

時間 稀釋液	赤血球沈降速度 (21°C)												比粘度 (21°C)	比重 (21°C)	表面張力 (22°C)	$\frac{S_0 - S_1}{\eta}$			
	1			2			3			4							5		
	h_1	$\frac{h_1}{60}$	K	h_2	$\frac{h_2}{60}$	K	h_3	$\frac{h_3}{60}$	K	h_4	$\frac{h_4}{60}$	K					h_5	$\frac{h_5}{60}$	K
原液	1.2	0.020	0.77	1.0	0.017	0.64	0.9	0.015	0.58	0.8	0.013	0.51	0.7	0.012	0.44	2.746	1.026	0.96	0.026
2倍	1.7	0.028	0.65	1.4	0.023	0.54	1.3	0.022	0.50	1.2	0.020	0.46	1.1	0.018	0.43	1.940	1.015	0.97	0.043
4倍	2.5	0.042	0.64	2.0	0.033	0.50	1.8	0.030	0.45	1.7	0.028	0.43	1.6	0.027	0.40	1.338	1.011	0.98	0.066
8倍	3.0	0.050	0.62	2.3	0.038	0.47	2.1	0.035	0.43	2.0	0.033	0.41	1.8	0.031	0.38	1.101	1.009	0.98	0.081

ニ於テ「フィブリノーゲン」或ハ「グロブリン」ノ増量ト赤沈速度増大トノ平行的關係ヲ認メラレ、之等蛋白質ガ陽性荷電體ナルガ爲メ血球ノ陰性荷電ヲ減衰セシメ、以テ赤沈速度ノ増大ヲ來スト説明スル者多クレ共、余ノ試験管内ニ於ケル成績ハ之等ト全く相反セリ。即チ「フィブリノーゲン」或ハ「グロブリン」ノ増量ハ、却而赤沈速度ヲ減少セシム。上野⁶⁾氏モ亦試験管内ニ於テ、「グロブリン」對「アルブミン」ヲ種々ナル比ニ配合シテ赤沈速度ヲ検査セシニ、生體ニ於ケル場合ト反シ「グロブリン」ノ比較的增加ガ、赤沈速度ノ増大ヲ來スコトヲ認メザリシト云フ。然レドモ余ノ實驗ヲ以テ直ニ、之等蛋白質體ガ赤沈速度促進ニ關係ナシト斷案ヲ下ス能ハズ。何トナレバ斯ク人工的ニ分離採取セシ之等ノ蛋白質體ハ、生體ニ於テ種々ナル疾患ノ際多量ニ出現スルモノトハ、其組成乃至ハ性狀ヲ異ニスルヤモ計ラレザレバ、其間複雑ナル差異ヲ現ハス可キ事ヲ考慮シ得ルヲ以テナリ。

2) 赤沈速度並ニ K 値ハ時ヲ經ルニ從ヒテ著シク漸減スルヲ認ム(第1圖及ビ第2圖参照)。是レ赤沈速度ガ時ヲ經ルニ從ヒテ單ニ血球比重ト液體比重トノ差並ニ液體ノ粘稠度ノミニ影響サルルニ非ズシテ之等以外ニ何等カノ因子ニ依リテ、影響ヲ受ク可キ事ヲ豫想セシムルモノナリ。而シテ從來血液或ハ一般膠質溶液ノ長時貯藏乃至放置ハ、之等ノ性狀ニ一定ノ變化ヲ惹起ス可キ事ハ多數先人ノ云フ所ナリ。故ニ余ハ實驗前後ニ於テ、斯ル時間的變化ガ血球自己或ハ3種ノ溶液ニモ亦惹起セズヤトノ考慮ノ下ニ、檢索ヲ行ヒタレドモ、毫モ赤沈速度ヲ遲延セシム可キ變化ヲ觀ル能ハザリキ。

3) 表面張力ハ各稀釋液ニ於テ殆ド著明ナル變化ヲ認ムル能ハザレドモ、其稍、増加セルモ程赤沈速度モ亦大ナリ。然レドモ余ノ實驗ニ於テハ其他ノ條件モ異ナルニ依リ、表面張力ト赤沈速度トノ間ニ於ケル一定ノ關係ヲ論ズルコト難シ。

第 4 章 液體對血球總容積比ノ赤血球 沈降速度ニ及ボス影響

第3章ノ實驗成績ヲ觀ルニ夫等ノ赤沈速度並ニ K 値ハ時ヲ經ルニ從ヒテ少シク減少スルヲ示セリ。即チ時ヲ經ルニ從ヒテ赤沈速度ニハ血球比重ト液體比重トノ差並ニ液體ノ粘稠度以外ニ尙ホ影響スベキモノアリト認メザル可カラズ、第1ニ考慮ス可キハ液體中ニ血球ノ如キヤヤ大ナル粒子ヲ多數ニ含有スル場合ニハ、血球ヲ含マザル液體トハ其粘稠度ヲ異ニスルコトナリ。從而之等ハ血球ヲ含メル全液體ニ就キテ測定ス可キナリ。第2ニ考慮ス可キ事ハ有底試験管ニ於テハ時ヲ經ルニ從ヒテ液體ノ單位容積内ニ於ケル血球數ノ増加スル事ナリ。故ニ余ハ液體ノ粘稠度ニ就キテハ血球數ヲ考慮ノ下ニ置キ、液體ニ對スル血球總容積ノ比、即チ $\frac{\text{血球總容積}}{\text{液體容積}}$ ノ増大、換言セバ液體ノ單位容積内ニ於ケル血球總容積ノ増加ニ依リテ、夫等ノ赤沈速度ガ減少スルヤ否ヤヲ窺ハシガ爲メ本實驗ヲ施行セリ。

第 1 項 實 驗 方 法

充分洗滌セル牛ノ血球ヲ採リテ之ノ50容積%食鹽溶液ヲ調製シテ原基液ト定メ、之ヲ食鹽水ヲ以テ5容

積%ニ至ルマデ種々ニ稀釋シテ、食鹽水對血球總容積ノ比ヲ種々ニ變化セシメ之ノ消長ト赤沈速度トノ關係ヲ窺フ傍、各被檢液ニ就キテノK値ヲ求メタリ、而シテK値ノ計算ニ用フル比粘度ニ關シテハ已ニ述ベタルガ如ク赤血球含有ノ全液體ニ就キテ之ヲ測定セリ。

第2項
實驗成績

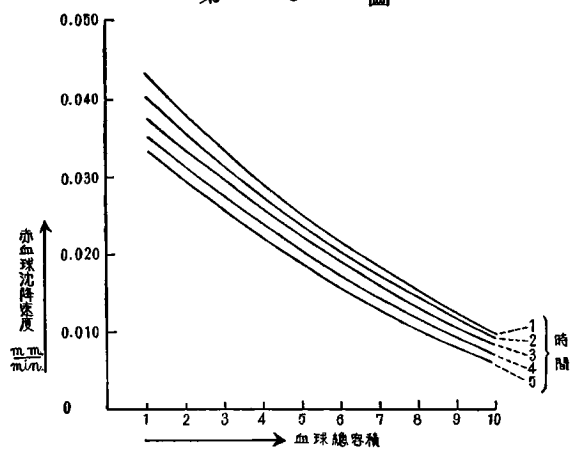
本實驗ノ成績ヲ示セバ第4表ノ如シ。尙ホ又血球總容積ト赤沈速度トノ關係、血球總容積ト粘濁度トノ關係、赤沈速度ト時間トノ關係竝ニK値ト時間トノ關係ヲ夫々圖示セバ第3圖、第4圖、第5圖竝ニ第6圖ノ如シ。

第4表

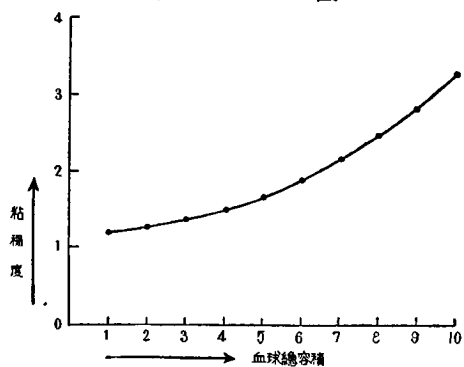
食鹽水對 血球總容積比	赤血球沈降速度 (15°C)												比粘度 (15°C)	$\frac{S_0 - S_1}{\eta}$			
	1			2			3			4					5		
	h_1	K	$\frac{h_1}{60}$	h_2	K	$\frac{h_2}{60}$	h_3	K	$\frac{h_3}{60}$	h_4	K	$\frac{h_4}{60}$			h_5	K	$\frac{h_5}{60}$
19 : 1	2.6	0.043	0.55	2.4	0.040	0.51	2.2	0.037	0.48	2.1	0.035	0.45	2.0	0.033	0.43	1.175	0.078
18 : 2	2.3	0.038	0.52	2.1	0.035	0.49	2.0	0.033	0.46	1.9	0.031	0.43	1.8	0.029	0.40	1.254	0.073
17 : 3	2.0	0.033	0.50	1.8	0.031	0.47	1.7	0.029	0.43	1.6	0.027	0.40	1.5	0.025	0.38	1.443	0.064
16 : 4	1.7	0.029	0.48	1.6	0.027	0.45	1.5	0.025	0.42	1.4	0.023	0.38	1.3	0.022	0.36	1.545	0.060
15 : 5	1.5	0.025	0.46	1.4	0.023	0.43	1.3	0.022	0.40	1.2	0.020	0.37	1.1	0.018	0.34	1.717	0.054
14 : 6	1.3	0.021	0.45	1.2	0.020	0.41	1.1	0.019	0.38	1.0	0.016	0.35	0.9	0.015	0.32	2.084	0.048
13 : 7	1.1	0.018	0.42	1.0	0.017	0.39	0.9	0.016	0.34	0.8	0.013	0.30	0.8	0.013	0.30	2.282	0.044
12 : 8	0.9	0.015	0.40	0.8	0.014	0.37	0.7	0.013	0.33	0.6	0.010	0.28	0.6	0.010	0.28	2.580	0.036
11 : 9	0.7	0.012	0.38	0.7	0.012	0.38	0.6	0.010	0.31	0.5	0.008	0.26	0.5	0.008	0.26	2.840	0.032
10 : 10	0.6	0.010	0.36	0.5	0.008	0.30	0.5	0.008	0.30	0.4	0.007	0.24	0.4	0.007	0.24	3.180	0.028

備考 $S_0=1.100$ (牛血球ノ比重), $S_1=1.008$ (食鹽水ノ比重) トシテ K 値ヲ算出セリ。

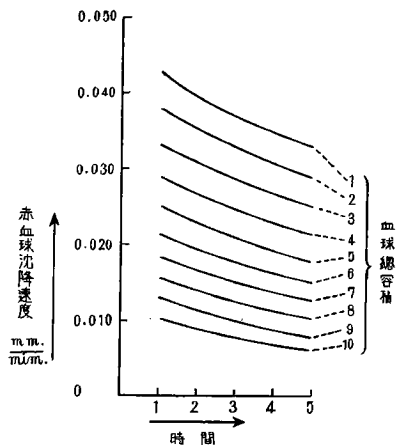
第 3 圖



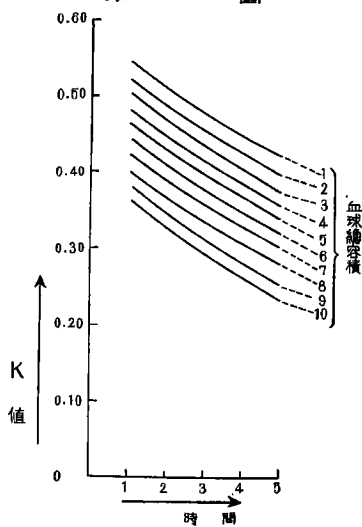
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



以上ノ成績ニ依レバ、

1) 液體對血球總容積比即チ $\frac{\text{血球總容積}}{\text{液體容積}}$ ノ減少スルニ從ヒテ赤沈速度ノ促進サルルコトハ從來諸家ノ成績ト相一致セリ。換言セバ單位容積内ニ於テ血球總容積ノ小ナルニ從ヒ赤沈速度ノ増大ヲ示シ、血球總容積ノ大ナルニ從ヒ赤沈速度ノ減少ヲ示セリ(第3圖參照)。

2) 血球總容積ノ増大ガ赤沈速度ヲ小ナラシムル事ハ、主トシテ單位容積内ノ血球數ノ増加ニ依リテ、血液ノ粘稠度ヲ増大セシニ依ルモノト解セラル。何トナレバ Stokes 式ニ於テハ血球總容積ノ關係ニ就キテハ規定セザルヲ以テ、若シ此場合本式ガ直ニ適用サルルモノトセバ、各被檢液共ニ同一ノ食鹽水ナレバ夫等ノ粘稠度及ビ比重モ亦同一ニシテ從而各赤沈速度ハ相等シキ理ナリ。然レドモ實際ニ於テハ、血球總容積ノ増加ニ從ヒテ赤沈速度ノ減少スルコトハ、第3圖ニ示スガ如ク、尙ホ又血球總容積ノ増加ニ從ヒテ不等質ナル血液ノ粘稠度ノ増大スルコトハ第4圖ニ示スガ如シ。而シテ之等兩者ニ於ケル關係ハ略ボ相反比スルモノナレバナリ。

3) 第5圖竝ニ第6圖ニ於テ觀ルガ如ク、液體對血球總容積ノ比ヲ異ニセル各被檢液ニ於ケル、赤沈速度竝ニK値ガ時間ノ經過ト共ニ減少シ行クハ、血球ノ沈降ニ伴ヒテ液體對血球總容積ノ比ヲ變ジ行ク結果ナリ。

第5章 赤血球沈降速度測定管底ノ、赤血球 沈降速度ニ及ボス影響

赤血球ガ底ヲ有セザル管内ニテ沈降スル場合ニハ、如何ニ沈降進行スルモ血球間ノ距離ヲ變ズルコトナキ理ナリ。然レドモ斯ノ如キハ獨リ空想上ノコトニ過ギズシテ、實際赤沈速度ヲ測定ノ場合ニハ有底管ヲ用キザル可カラズ。有底管ヲ用キレバ底迄ノ距離ノ大小ニヨリテ、程度ノ相違ハアレドモ、血球ノ沈降スルニ從ヒテ血球間ノ距離ヲ短縮セザルベカラズ。從テ前章ニ記述セシ所ノ、血漿對血球總容積ノ比ヲ増加シ、沈降速度ヲ漸次減少スベキ筈ナリ。底ノ無キ管トハ、底ノ距離無限ニ遠キ管ノコトナレバ、底ノ遠キ管即チ長キ有底管ヲ用キ、高キ血柱ニ就キ沈降速度ヲ測定セバ底ノ影響ヲ少クスルヲ得ベシ。尙ホ有底管ヲ用キル場合ニ、底ニ近キ部ニハ沈降血球ノ底ヨリ逆流シ來ル影響ヲ加フ(後述第9章參照)。是ニ於テ余ハ沈降測定管ノ底ノ影響、換言セバ管ノ長サ(即チ血柱ノ高サ)ガ、赤沈速度ニ如何ナル影響アルカヲ實驗セリ。而シテ從來之等ニ關スル文獻ハ、甚ダ稀ニシテ僅ニ Berezeller u. Wastl³⁰⁾ノ報告アルノミナリ。同氏等ハ口徑同一ナル試驗管ヲ用キ、種々ナル高サノ血液柱ニ就キテ赤沈速度ヲ檢セルニ、血液柱高キモノ程赤沈速度ハ大ニシテ、且亦時間ノ經過ニ伴フレノ減少率ハ小ナルコトヲ報告セリ。

第1項 實驗方法

實驗材料ハ、牛ノ洗滌血球ヲ採リ、之ヲ食鹽水ニ10容積%ノ割合ニ混合セルモノヲ用キタリ。沈降測定管ハ、總ベテ口徑5.0mmノモノヲ用キ、之等ニ前記ノ血球浮游液ヲ各15, 10, 5, 3cmノ高サ迄入レテ赤沈速度ヲ測定セルニ、其成績ハ第5表ニ示スガ如シ。尙ホ又血液柱ノ各高サニ於ケル赤沈速度ノ時間的經過ヲ圖示セバ第7圖ノ如シ。各血液柱ノ高サニ於ケル赤沈速度ノ時間的減少率(%)ヲ圖示セバ第8圖ノ如シ。

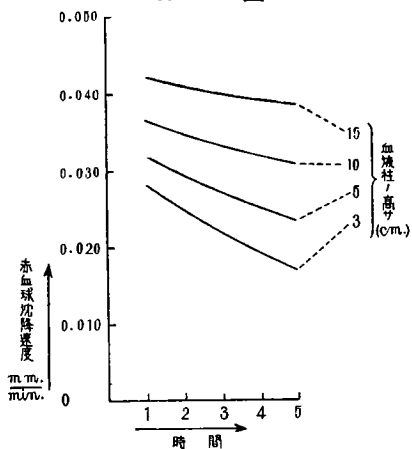
赤沈速度ノ減少率トハ、或ル1時間ニ於ケル速度(a)ト次ノ1時間ニ於ケル速度(b)トノ差ヲaノ速度ニ對スル百分數ニテ表ハシタルモノニシテ式ニテ示セバ次ノ如シ。

$$\text{減少率} = \frac{a-b}{a} \times 100$$

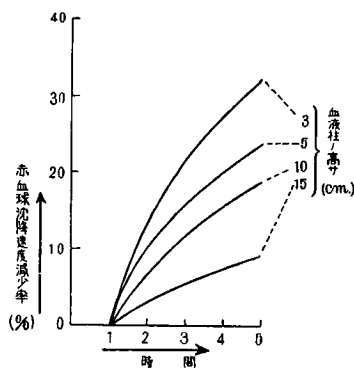
第 5 表

血液柱高サ (cm)	赤 血 球 沈 降 速 度 (15°C)														
	1			2			3			4			5		
	h_1	$\frac{h_1}{60}$	速度減少率 (%)	h_2	$\frac{h_2}{60}$	速度減少率 (%)	h_3	$\frac{h_3}{60}$	速度減少率 (%)	h_4	$\frac{h_4}{60}$	速度減少率 (%)	h_5	$\frac{h_5}{60}$	速度減少率 (%)
15	2.5	0.042	0	2.5	0.042	0	2.4	0.040	4.8	2.4	0.040	4.8	2.3	0.038	9.5
10	2.3	0.038	0	2.1	0.035	7.9	2.0	0.033	13.1	1.9	0.032	15.7	1.9	0.032	15.7
5	1.9	0.031	0	1.7	0.028	9.7	1.6	0.027	12.9	1.5	0.025	19.3	1.5	0.025	19.3
3	1.7	0.028	0	1.5	0.025	10.7	1.3	0.022	21.4	1.3	0.022	21.4	1.1	0.019	32.0

第 7 圖



第 8 圖



第 2 項 實 驗 成 績

本實驗ノ成績ニ依レバ、血液柱ノ高サガ低キ程即チ底ニ近キ程赤沈速度ハ小ニシテ、尙ホ又時間ニ伴フ沈降速度ノ減少率ハ大ナルヲ認ム(第7圖及ビ第8圖參照)。例之血液柱15cmノモノノ赤沈速度ハ、第2時間ノ終迄ハ變化ナケレドモ、第3時間目ニ於テハ最初ノ1時間目ニ於ケル速度ニ對シ4.8%ヲ減少ス。又血液柱5cmノモノハ第2時間目ニ於テ最初ノ1時間目ノ速度ニ對シ9.7%ヲ減ジ、第5時間目ニ於テ19.3%ヲ減ズ。故ニ此成績ヲ以テスレバ、10容積%ノ割合ニ血球ヲ含有スル食鹽溶液ニ就テ、口径5.0mmノ有底細試験管ヲ以テ其赤沈速度ヲ檢スル場合、速度ノ時間的減少ヲ除外セントセバ、少クトモ15cm以上ノ血液柱ノ高サヲ必要トシ、15cmノ高サノモノニアリテハ、精々第2時間ノ終迄ノ成績ガ底ノ影響ヲ著シク被ラザル

モノト云フヲ得ベシ。斯ノ如ク同一條件ノ血球溶液ニ於テ、血液柱低キニ從ヒ赤沈速度ノ小ナルコト竝ニ其時間ニ伴フ減少率ノ大ナルコトハ余ノ實驗ニ依リテ明カナリ。之ハ已ニ述ベタル Berezeller u. Wastl 氏等ノ成績ト殆ド相一致セリ。以上ノ成績ヨリ考フルニ有底管ニテノ測定ニ於テ赤沈速度竝ニ K 値ノ時間ニ伴ヒテ漸減スルハ底アルガ爲メニ血球ノ沈降スルニ從ヒ漸次血球相互間ノ距離ヲ短縮シ、血球ヲ浮游セル血液全體トシテノ粘稠度ヲ増加スルニ基因ス。

第 6 章 血球荷電ガ赤血球沈降速度ニ及ボス影響

第 3, 4 及ビ 5 章ノ實驗成績ニ依レバ各被檢液ニ於ケル赤沈速度竝ニ K 値ハ時間ヲ經ルニ從ヒテ減ズルコトヲ認め、尙ホ又第 4 章ノ實驗ニ依レバ血漿對血球總容積比ノ増大セルモノ程赤沈速度竝ニ K 値ノ減少セルコトヲ認めタリ。之等ハ何レモ單位容積内ニ於ケル血球數ノ増加、換言セバ血球相互間ノ距離ガ短縮サルルコトヲ推考シ得ベキモノニシテ、血球相互間ノ距離ヲ短縮スルニ從ヒテ、赤沈速度ヲ減ズル理由トシテ、血液全體ノ粘稠度ノ増加アル事ハ既ニ前章ニ述ベタリ。然レドモ夫レ以外ニ尙ホ顧慮ス可キ事ハ血球荷電ニ依ル反撥力ナリ。而シテ血球ガ陰性電氣ヲ帶ブルコトハ、從來行ハレタル多クノ *Kataphoreseversuch* ノ示ス所ナリ。此反撥力ハ云フ迄モナク血球相互ノ距離ノ 2 乗ニ反比スルモノナレバ、血球相互ノ距離ヲ短縮スルニ從ヒテ漸ク著シキ影響ヲ呈スルモノナリト考フルヲ得。此處ニ於テ余モ亦一應余ノ實驗ニ供シタル種々ナル液體中ニ於テ、血球ガ果シテ荷電ヲ有スルヤ、若シ之アリトセバ其帶電電ヲモ併セ知り、之等ト赤沈速度トノ間ニハ從來諸家ノ云ハルルガ如キ一定ノ關係ヲ有スルヤ否ヤ、之等ノ諸點ヲ明カニセントシテ *Kataphorese* 検査ヲ行ヘリ。從來血球荷電ト赤沈速度トノ關係ニ就キテ、特ニ *Kataphorese* 検査ヲナセシモノハ已ニ古ク *Fahraeus*, *Linzenmeier*, *Höber* 等ノ諸氏ガ妊婦血液ニ於テ血球荷電ノ減少ヲ證明セシコトハ周知ノ事實ナリトス。爾來之等ノ關係ニ就キテ論ズルモノ多數ナレドモ、其多クハ假設の想像ニ止リ之ヲ實驗的ニ *Kataphorese* 検査ヲナセシ者少ク、吾國ニ於テモ僅ニ木下、久保³¹⁾、岡田³²⁾、上野等ノ數氏アルノミ。岡田、上野兩氏ハ何レモ甲状腺摘出セルモノノ赤沈速度促進セルモノニ就キテ電氣移動ヲ測定シ其血球帶電電ノ減少ヲ證明セルモ、木下氏ノ報告ニ依レバ血球沈降速度ノ差ガ非常ニ著シキ間ニ於テハ其帶電電ノ差ハ可ナリ明カニ區別セラルルモ、一般ニ *Kataphorese* ノ差ハ極少キ爲メ赤沈速度ノ差小ナルモノニ於テハ區別シ難ク、假令區別ガ出來ルモ *Kataphorese* ト赤沈速度トノ關係ハ不定ニシテ全ク反對ノ現象ヲ呈スルモノアリ、故ニ *Kataphorese* ニ依リテ帶電電ヲ測定シ之ヲ赤沈速度ノ差別ガ生ズル原因トシテ證明スルコトハ困難ニシテ、尙ホ幾多ノ研究ヲ要スベシト云ヘリ。久保氏モ亦赤沈速度ト自家血球凝集作用トノ關係ヲ觀察スルニ當リ *Kataphorese* ニ依リテ血球帶電電ヲ測定セルモ其成績區々トシテ、夫等ノ減少ヲ確實ニ證明シ得ザリシト云フ。

第 1 節 *Kataphorese* 検査

之等ニ關シテ現今知ラレタルモノニハ、*Michaelis*³³⁾ 氏法、上坂竝ニ關兩博士³⁴⁾ ノ方法アリ。余ハ之等ノ方法ヲ參考トシテ次ノ如キ方法ニ依レリ。即チ *Objektglas* 上ニ小室ヲ作り之ニ可檢血液ヲ入レ、其兩端ニハ不分極導子ヲ接置セシメ之ニ 2—150 Volt マデノ電流ヲ作用セシメ、*Ocularmicrometer* ヲ以テ 1 分時中ニ於ケル血球移動ノ距離ヲ知ラントスルニ在リ。而シテ血球ノ移動速度ハ電位差ニ正比シ抵抗ニ逆比スルモ

ノナレバ、相比較セントスル可檢血球浮游液ニ就キテハ常ニ電壓ヲ同一トシ、且亦小室内ノ液ノ深サハ輪道ノ抵抗ヲ變化スルヲ以テ常ニ同一ノ深サニ保テタリ。血球ハ牛血ヨリ分離セルモノヲ充分洗滌シ之ヲ可檢液ニテ 100—200 倍ニ稀釋セルモノヲ用キタリ。

余ハ以上ノ如キ方法ヲ以テ、已ニ實驗ニ依リテ赤沈速度ヲ異ニセル種々ナル性狀ノ液體中ニ於ケル血球ノ荷電量ヲ測定セルニ、常ニ一定ナル成績ヲ得ル能ハザリキ。惟フニ顯微鏡下ニ血球ノ移動ヲ觀ルガ爲メニハ可ナリ大ナル電流ヲ通ゼザル可カラズ。若シ斯ノ如クスル時ハ檢液ノ電流ニ依リテ溫度ララルルヲ免レズ。而モ全液平等ニ溫度ララルル事ハ不可能ナレバ、此溫度ノ差ニ依ル液體ノ對流ハ免ル可カラズ。然ラバ血球ノ移動ハ眞ノ Kataphoresis ナルヤ液體ノ流れニ依ルモノナルヤヲ區別スルコト難カル可シ。此處ニ於テ余ハ之等ノ關係ヲ次ノ如キ方法ニ依リテ觀察セントセリ。

第 2 節 電氣抵抗測定用試験管内ニ於ケル實驗

長サ 8 cm, 直徑 1.5 cm ノ同一ナル電氣抵抗測定用硝子管 2 本ヲ選ビ、之ニ何レモ上下ノ兩極ヲ裝置スルモノトス。兩極ノ板ハ直徑 1.1 cm, 厚サ 0.3 mm ノ豫メ「クロール」鍍金セル銀圓板ヲ用キタリ。下極ハ管底上 0.2—0.3 cm ノ位置ニ置キ、兩極間ノ距離ハ 2—3 cm トシ、可檢液ハ上極面ト同一ノ高サ迄入ルモノナルガ、相比較ス可キ 2 本ノ硝子管ニ於テハ、管ノ内徑、血液柱ノ高サ、兩極間ノ距離、位置並ニ外圍溫度等ハ同一條件トセシハ勿論ナリ。斯ル 2 本ノ硝子管ノ内 1 本ハ對照トシ、他ノ 1 本ノ兩極ニハ各蓄電器ヲ挟ミテ、之ニ最低 2 Volt ヨリ最高略ボ 1×10^5 Volt マデノ電壓ヲ (2 乃至 350 Volt マデハ蓄電池ヲ用キ、 1×10^5 Volt ノ高壓ハ X 線用ノ整流セル第 2 次電流ヲ用キタリ) 作用セシメテ、赤沈速度ニ及ボス影響ニ就キテ對照ノモノト比較觀察セリ。

余ハ以上ノ如キ方法ニ依リテ、已ニ第 1 節ニ於テ述ベタルガ如キ種々ナル性狀ノ液體中ニ、牛ノ洗滌血球ヲ種々ナル割合ニ混合シテ、上記管内ニ入レ兩極間ノ電壓ガ赤沈速度ニ及ボス影響ヲ檢セシモ、2 乃至 1×10^5 Volt ノ範圍内ノ電壓ニ依リテ何等ノ變化ヲ認ムル能ハザリキ。從來云ハルルガ如ク血球ガ陰性ニ荷電スルモノトセバ、陽極ヲ硝子管下端ニ置ク時ハ、斯ル強大ナル電位差ヲ生ゼシメタル溶液ノ中ニ於テハ赤沈速度ハ速カナル可ク、陰極ガ下端ニアル場合ハ之ト逆ノ關係ニナル可キ筈ナリ。然ルニ前述ノ如ク對照ト何等變化ナキ點ヨリ考慮セバ、假令血球ニハ荷電アリトスルモ夫等ノ關係ガ、肉眼ニテ觀察スル赤沈速度ニ、影響スベキモノトハ信ゼラレザルモノトス。

第 7 章 磁場ノ赤血球沈降速度ニ及ボス影響

余ハ第 6 章ニ於テ血球ガ荷電ヲ有スルトノ事實ニ基キ、之ヲ電壓ノ差アル場ニ置ク時ハ、赤沈速度ニ一定ノ影響ヲ及ボスナラントノ想定ノ下ニ實驗セシモ、總ベテ陰性ニ終リタレバ、尙ホ一層此事實ヲ確メントシ次ニ強キ磁場内ニ於テ赤沈速度ヲ測定シ、其影響ノ有無ニ就キテ檢索スル傍、同時ニ次ノ事項ニ就キテモ觀察セリ。即チ若シ血球ニ荷電アル場合ニハ、磁場内ニ於ケル沈降血柱ノ上面ハ水平ナラズシテ斜面トナル可キ筈ナリ。

第1節 實驗方法

1) 實驗材料. トシテハ牛ノ洗滌血球食鹽溶液及ビ牛ノ滲酸血液(但シ兩液共血球容積ハ各10容積%トセリ)ヲ用キタリ.

2) 磁場. トシテハ當教室製「ストリングガルバノメーター」用「エレクトロマグネット」ノ兩極ヲ用キ(兩極間ノ距離ハ3.0mmヲ有ス), 電流閉鎖ニ依リテ直流電流ヲ通ジ, 其電流強度ノ調節ハ輪道内ニ入レタル抵抗器ヲ以テセリ.

3) 沈降測定管. ハ内徑(2.0mm)同一ナル長サ20cmノ「ピペット」様細硝子管(其底部ニハ細孔ヲ有ス)ヲ選ビ, 管底ヨリ5.0cmノ高サニ横ニ劃線ヲ施シ, 以下管底ニ向ツテ1.0mm毎ニ正確ニ目盛ス. 而シテ沈降測定管ノ口徑稍細キニ過グル嫌ヒアレドモ之ハ前述ノ如ク磁石兩極間ノ距離ガ3.0mmナレバ之ニ適合ス可ク調製セルモノナリ.

4) 赤血球沈降速度ノ表示. ニ就キテハ毎60分間ニ生ゼシ血漿柱即チ血球ノ沈降ノ高サ h (mm)ヲ其時間ノ數値即チ60ニテ除セル商ヲ以テ之ヲ示セリ.

5) 實驗ノ實施. ニ當リテハ斯ル2本ノ沈降測定管ヲ採リ, 夫等ニ何レモ同一血球溶液ヲ其5.0cmノ高サノ目盛マデ吸引シ, 之ヲ「バネ」附ノ支持臺上ニ垂直ニ立テ, 其内ノ1本ハ磁石兩極間ノ中央ニ垂直ニ立テ, 且其際血液柱ノ上下兩端ハ全ク兩磁石極ノ上下緣ノ内方ニアラシム可クナセリ. 他ノ1本ハ對照トシテ, 磁石ノ影響全ク無キ場所ニ置クモノトス. 電磁石ニハ常ニ100 Volt, 0.3 Ampereノ電流ヲ通ジテ實驗セリ而シテ斯ル實驗ノ際磁石ノ兩極間ニハ毫モ溫度ノ上昇ヲ認メザリキ.

第2節 實驗成績

血球食鹽液並ニ血球血漿液ニ就キテ, 夫等ノ各磁場外(對照)並ニ磁场内ニ於ケル赤沈速度ヲ2時間宛測定セシニ, 其成績ハ第6表ニ示スガ如シ.

第 6 表

種	試	赤 血 球 沈 降 速 度								對照ト磁場トノ赤沈速度ノ差		對照ニ對スル磁場ノ赤沈速度ノ減少率(%)		實驗室ノ溫度(°C)
		對 照				磁 場				1		2		
		1		2		1		2		1		2		
		h_1	$\frac{h_1}{60}$	h_2	$\frac{h_2}{60}$	H_1	$\frac{H_1}{60}$	H_2	$\frac{H_2}{60}$	$\frac{h_1-H_1}{60}$	$\frac{h_2-H_2}{60}$	$\frac{h_1-H_1}{h_1} \times 100$	$\frac{h_2-H_2}{h_2} \times 100$	
血球食鹽液	1	4.0	0.066	3.0	0.050	2.0	0.033	1.5	0.025	0.033	0.025	50	50	15°
	2	4.0	0.066	3.2	0.053	2.0	0.033	1.6	0.027	0.033	0.026	50	50	°
	3	3.8	0.063	3.0	0.050	2.0	0.033	1.4	0.023	0.030	0.027	47	53	°
	4	4.0	0.066	3.1	0.052	2.2	0.036	1.5	0.025	0.030	0.027	45	51	°
血球血漿液	1	2.0	0.033	1.8	0.030	2.0	0.033	1.8	0.030	0	0	0	0	15°
	2	1.8	0.030	1.8	0.030	1.8	0.030	1.8	0.030	0	0	0	0	°
	3	2.0	0.033	2.0	0.033	2.0	0.033	2.0	0.033	0	0	0	0	°
	4	2.0	0.033	1.7	0.028	2.0	0.033	1.7	0.028	0	0	0	0	°

本實驗ノ成績ヲ觀ルニ 1) 磁場内ニ於ケル血球沈降ハ偏位ヲ受ケザルモノノ如ク、沈降血球ノ上面ハ水平ニシテ傾斜スルコトナシ。即チ此實驗ニ於テモ認ムベキ荷電ヲ證明シ得ズ。2) 血球沈降ノ速度ニ關シテハ、血球食鹽液ハ磁場内ニ於ケル影響ハ大ニシテ、對照ノ速度ニ對スル減少率ハ略ボ 50% (但シ同一時間内ニ於テ) ナルヲ知ル。反之血球血漿液ノ血球沈降速度ハ、磁場内ニ於テハ對照ト比較スレバ殆ド變化ナシ。

第 3 節 0.85% 食鹽水ト牛ノ蔭酸血漿トノ電氣抵抗ニ就キテ

第 2 節ノ成績ニ依レバ、磁場内ニ於テハ血球食鹽液ガ著明ニ其赤沈速度ヲ抑制セラレ、血球血漿液ノ夫レハ殆ド磁場ノ影響ナカリキ。此事實ニ基キ先ヅ考フ可キ問題ハ、前者ハ電導性强ク、後者ハ反對ニ電導性極メテ微弱ナルカ或ハ殆ド無シト想像セラル。然ラバ此際血球ガ全然電氣ヲ通サザルモノト假定セバ、食鹽水ハ電氣抵抗ガ小ニシテ、血漿液ハ夫レガ大ナラザル可カラズ。故ニ余ハ之等兩者ノ電氣抵抗ヲ測定シテ相比較セントス。

第 1 項 實 驗 方 法

電氣抵抗ノ測定ニ關シテハ Kohlrausch 氏法ニ依レリ。其實施ニ當リテハ、内徑 (0.5 mm) ノ同一ナル、長さ 100 mm ノ毛細管腔ヲ有スル U 字形ノ Haematokrit ヲ選ビ、之ニ 100 ノ目盛マデ各被檢液ヲ入レ、此兩端ニ 2 本ノ細長キ白金線ヲ挿入シ兩極ノ距離ハ常ニ 16 mm トシ、電源ニハ常ニ 2 Volt ヲ用キタリ。而シテ實驗誤差ヲ少クスル爲メ、比較ス可キ兩液ハ常ニ同一ノ Haematokrit ヲ用キテ測定セリ。

第 2 項 實 驗 成 績

0.85% 食鹽水並ニ牛ノ蔭酸血漿ニ於ケル電氣抵抗ヲ測定セシ成績ハ第 7 表ニ示スガ如シ。

第 7 表

種 別 例 別	電 氣 抵 抗		0.85% 食鹽水ニ對スル牛ノ蔭酸血漿ノ電氣抵抗ノ比 (a : b)
	(a) 0.85% 食鹽水	(b) 牛ノ蔭酸血漿	
1	36×10^3	34×10^3	1.05 : 1.00
2	35×10^3	34×10^3	1.02 : 1.00
3	34×10^3	35×10^3	0.97 : 1.00

以上ノ成績ニ依レバ、食鹽水ノ電氣抵抗ハ牛ノ蔭酸血漿ノ夫レニ比シ稍々大ナレドモ、之ハ技術ノ誤差範圍内ニアリテ、兩者ノ電氣抵抗ハ殆ド相等シキモノト認ム得。斯ノ如ク兩液ノ抵抗ガ相等シキモノトセバ、恐ラク血球ノ導電性ニ相違アルガ爲メナル可ク、即チ食鹽水中ニ於テハ血球導電性大ニシテ、血漿中ニ於テハ之ガ微弱ナルカ或ハ殆ド無シト豫想セラル可キナリ。故ニ余ハ之等ノ問題ヲ簡明スベク次ノ實驗ヲナセリ、

第4節 0.85% 食鹽水柱ニ牛ノ滲酸血漿中ニ於ケル 各血球ノ電導度ニ就キテ

食鹽水柱ニ血漿液中ニ浮游セル血球ガ、電導性ニ差異アルヤ否ヤヲ觀ンガ爲メニ、之等ノ血球浮游液ヲ第3節ニ於テ述ベタルU字型 Haematokrit ニ入レ、之ヲ種々ナル時間ニ遠心沈澱セシムルコトニ依リテ、血球ノ密度ヲ種々ニ變化セシメ、之ニ依リ血球間ノ液體ノ横斷面積ヲ變化セシメ、之ト其都度測定セル電氣抵抗トノ相互ノ關係ヲ觀察セリ。即チ血球ニシテ電氣ヲ導クコト無キモノトセバ、其密度大ナルニ從ヒ液體部ノ横斷面積ヲ減ジ、其逆比ニ電氣抵抗ヲ増加ス可キ筈ナリ。

第1項 實驗方法

電氣抵抗ノ測定法ハ本章第3節第1項ト略ボ同ジケレドモ、2—3 異リタル點ノミヲ學グレバ次ノ如シ。

1) 各被檢液(血球食鹽水或ハ血球血漿液)ヲ Haematokrit ノ100目盛マデ入レ之ニ就キテ電氣抵抗ヲ測定ス。

2) 次ニ之ヲ3000迴轉(1分間)電氣遠心沈澱器ニ裝フコト10分間、其際ニ於ケル血球柱ノ容積(之ハ血球ノ容積並ニ血球間ニ介セル被檢液體ノ容積ノ總和ナリ)並ニ夫レノ電氣抵抗ヲ測定ス。

3) 次ニ之ヲ更ニ前同同様ニ60分間遠心沈澱シ、血球柱ノ一定トナリタル時、血球柱ノ容積並ニ夫レノ電氣抵抗ヲ測定ス。此際ノ血球柱ノ容積ト云ヘドモ、嚴密ニハ尙ホ血球間ニ介セル被檢液體ノ幾分ヲ含ムモノニシテ、血球ノミノ容積ニ非ザレドモ、斯ク長時間遠心沈澱セル後ニ於テハ、血球間ノ液體ハ極メテ少キ故ニ、之ハ殆ド各被檢液中ニ含マルル血球ノ純總容積ト看做シ得ルモノナリ。已ニ本章第3節第1項ノ實驗方法ノ條下ニ於テ注意セシガ如ク、相比較スベキ兩液ハ常ニ同一ノ Haematokrit ニ入レ、又白金ノ兩極間ノ距離ヲ一定(16.0 mm)トセシコトハ勿論ナレドモ、被檢液ヲ60分間遠心沈澱セシメシ後、白金ノ兩極ガ常ニ血球柱ノ中ニ有ル可ク豫メ混合ス可キ血球ノ總容積ヲ加減セリ。

4) 次式ニ依リテ、血球浮游液ノ沈澱前後ニ於ケル、液體ノ横斷面積ヲ求メ、其際各測定セル電氣抵抗トノ關係ヲ觀察セリ。今 Haematokrit a mm ノ高サ迄血球ヲ含メル被檢液ヲ入レシ時ノ全容積ヲ A トシ、其中ノ血球容積及ビ液體ノ容積ヲ夫々 K 及ビ P トセバ、

$$P + K = A$$

ナリ。10分間遠心沈澱後ニ於ケル血球柱ノ高サ並ニ容積ヲ夫々 b mm 及ビ B トス。此際ニ於ケル血球容積ハ沈澱前ト同ジク K ナレバ、沈澱前後ノ液體ノ總横斷面積ノ比ハ、

$$\frac{P}{a} : \frac{B-K}{b}$$

ナリ。各項總テ Haematokrit ニテ實測スルヲ得。

第2項 實驗成績

以上ノ方法ニ依リテ實驗ヲ行ヒシ成績ハ第8表ノ如シ。

第 8 表

種別	區別	液體部ノ面積		電氣抵抗		沈澱前ノ面積ニ對スル 沈澱後ノ面積ノ比 q : q ¹	沈澱前ノ抵抗ニ對スル 沈澱後ノ抵抗ノ比 w : w ¹
		(q) 沈澱前	(q ¹) 沈澱後	(w) 沈澱前	(w ¹) 沈澱後		
血球食鹽液	1	0.677	0.152	75 × 10 ³	290 × 10 ³	4.45 : 1.00	1.00 : 3.90
	2	0.690	0.140	67 × 10 ³	330 × 10 ³	4.90 : 1.00	1.00 : 4.90
	3	0.700	0.074	50 × 10 ³	475 × 10 ³	9.45 : 1.00	1.00 : 9.50
血球血漿液	1	0.696	0.217	54 × 10 ³	190 × 10 ³	3.20 : 1.00	1.00 : 3.50
	2	0.720	0.125	50 × 10 ³	285 × 10 ³	5.70 : 1.00	1.00 : 5.70
	3	0.723	0.142	48 × 10 ³	240 × 10 ³	5.10 : 1.00	1.00 : 5.00

即チ之ニ依レバ食鹽水及ビ血漿液ニ於テハ、何レモ夫等ノ沈澱前後ニ於ケル面積比ト電氣抵抗トハ略ボ相反比シ、電氣ノ導性ガ單ニ液體ノ横斷面積ニ比例スルコトヲ示シ、從而血球ガ何等電氣ノ導性ニ關與セザルコトヲ示セリ。尙ホ第9表ニ示スガ如ク、血球食鹽水竝ニ血球血漿液ニ於テ各血球柱ノ高サノ一定ナル迄(60分間)遠心沈澱シタル後ノ電氣抵抗ハ兩者殆ド相等シ。是レ此際ニハ兩者ノ血球ノ密度モ殆ド同一ニシテ、且亦液體ノ横斷面積モ殆ド同一ナリト考フルヲ得ベシ。而モ此場合兩液ノ抵抗ガ同一ナルガ故ニ、夫等ニ於テハ電導性ニ變化ナキコトヲ一層確メ得ルモノナリ。

第 9 表

種別	60分間遠心沈澱後ニ於ケル血球柱ノ各抵抗		a : b
	(a) 食鹽水	(b) 血漿液	
1	520 × 10 ³	500 × 10 ³	1.04 : 1.00
2	530 × 10 ³	515 × 10 ³	1.02 : 1.00
3	525 × 10 ³	520 × 10 ³	1.00 : 1.00

以上ノ實驗ノ結果ニ依レバ、食鹽水竝ニ血漿液ニ於テ何レモ血球ニ殆ド導電性ヲ認ムル能ハズ。從而兩者ノ夫レニ差異ヲ見出ス能ハズ。是レ當初ニ於ケル豫想トハ全然相反セリ。故ニ余ハ更ニ此理由ヲ簡明スベク次ノ實驗ヲ施行セリ。

第 5 節 磁場内ニ於ケル血球沈降ノ速度ト夫レニ及ボス抵抗トノ關係ニ就キテ

磁場内ニ於ケル血球沈降ノ速度ヲ減少スルハ、Foucault 電流ニヨル Lenz ノ效果ニヨルモノト考フルヲ得。此效果ハ感應電流ニ依ルモノナレバ、其時ノ電動力ハ單位時間ニ横切ル力線ノ數ニ比例ス。而シテ血球

血漿液内ニ於ケル血球沈降ノ速度ト血球食鹽水内ニ於ケル血球沈降ノ速度トヲ比較スルニ 1:2 ノ比ヲナス(第6表參照), 即チ此速度ノ相違ガ感應電動力ノ相違ヲ來シ, 速度ノ速カナル食鹽水中ニ於テハ沈降速度ノ遅メラルルコト, 亦之ニ準ジテ著シキナリ. 故ニ今若シ食鹽水ニ「アラビアゴム」ヲ混ジテ粘稠度ヲ増シ, 血球沈降ノ速度ヲ, 血漿中ニ於ケルト同様ニナス時ハ, 同様ニ磁場ノ影響ヲ認ムルコト能ハザルニ至ルベキナリ.

余ハ斯ル假定ノ下ニ, 血球食鹽水ノ赤沈速度ヲ1時間目ニ於テ $\frac{2.0}{60}$ mm ニナラシメ, 其磁場内ノ影響ヲ窺ヒ對照トシテ血球血漿液ト相比较シテ實驗セシニ, 其成績ハ第10表ニ示スガ如シ.

第 10 表

種別 例別		赤 血 球 沈 降 速 度 (15°C)							
		對 照				磁 場			
		1		2		1		2	
		h_1	$\frac{h_1}{60}$	h_2	$\frac{h_2}{60}$	H_1	$\frac{H_1}{60}$	H_2	$\frac{H_2}{60}$
血球食鹽水	1	2.0	0.033	2.0	0.033	2.0	0.033	2.0	0.033
	2	2.0	0.033	1.8	0.030	2.0	0.033	1.8	0.030
	3	2.0	0.033	1.9	0.032	2.0	0.033	1.9	0.032
血球血漿液	1	2.0	0.033	2.0	0.033	2.0	0.033	2.0	0.033
	2	2.0	0.033	1.9	0.032	2.0	0.033	2.0	0.033
	3	2.0	0.033	1.9	0.032	2.0	0.033	1.9	0.032

第 6 節 第 7 章ノ全實驗ニ對スル考案

本章ノ實驗ノ成績ヲ總括セバ, 血球食鹽水及ビ血漿液ニ於テ, 夫等ノ赤沈速度ガ磁場内ニ於ケル影響ハ, 前者ガ大ニシテ後者ガ殆ド影響無カリシコト竝ニ之ガ原因ハ前者ガ後者ニ比シ其元來有スル赤沈速度ガ大ナルコトニ起因スルモノニシテ, 兩液ノ電導度ノ差異ニ非ザルコトヲ知レリ. 何ントナレバ兩者ヲ同一速度トスル時ハ, 何等磁場ノ影響ナケレバナリ.

第 8 章 第 3 章ヨリ第 7 章マデノ全實驗ニ對スル考案

a) 有底試験管ヲ以テ赤沈速度ヲ檢查スル場合ニ, 赤沈速度竝ニ K 値ガ時ヲ經ルニ從ヒテ漸減スル理由ニ關シテハ,

1) 試験管ニ底アルガ爲ニ, 時ヲ經ルニ從ヒテ單位容積内ニ於ケル血球ノ總容積ノ増加スルコト, 換言セバ血球相互間ノ距離ヲ短縮スルコトニ依リテ, 主トシテ血液全體トシテノ粘稠度ヲ増大セシメ, 之ガ時間ニ伴フ赤沈速度竝ニ K 値ノ漸減ヲ來ス原因ニシテ, 血球ノ荷電の影響ト

ハ認ムル能ハズ。而シテ一定量ノ血液内ノ血球總容積ノ増大ガ、赤沈速度ヲ遅カラシムル事ハ、余ノ第4章ノ實驗ニ依リテ明カニシテ、又血球ノ荷電ノ關係ガ、赤沈速度ニ何等影響ヲ及ボサザルコトハ、第6章ニ7章ノ實驗ニ依リテ明カナリ。

2) 其他ニ Turbulenzerscheinung 竝ニ管底ヨリノ逆流ガ、多少ノ影響ヲ及ボスコトヲ認メザルベカラズ。之ハ後章(第9章参照)ニ詳ナリ。

3) Berezeller u. Wastl³⁰⁾ 氏等ハ馬、猫、犬、人、豚、家兎等ニ於テ採血後血液放置ハ赤沈速度ヲ遅延セシムルモノニシテ、之ガ原因ヲ主トシテ血球凝集性ノ減弱ニ歸セリ。久保氏モ亦同様ノ事實ヲ認メタリ。爾來多數ノ士ニ依リテ、採血後血液ノ長時放置或ハ貯藏ガ、赤沈速度ヲ不規則ナラシムルカ或ハ遅延セシムルコトヲ報告セラルルモ、夫等ノ原因ニ關シテハ未ダ詳ニセズ。翻ツテ考フルニ、余ノ實驗ニ供セシ材料ハ、何レモ血球凝集ヲ惹起セザリシモノノミナルガ、一般ニ膠質溶液或ハ血球自身ニ、時ヲ經ルニ從ヒテ夫等ノ理學的性狀ニ、何等カノ變化ヲ來スベキコトモ豫想サルルヲ以テ、余ハ實驗ニ供セシ被檢液體竝ニ血球ニ就キテ、實驗ノ前後ニ於テ血球沈降ニ關係アル、上記ノ諸種理學的性狀ニ變化ナキヤヲ檢索シタレ共、何レモ余ノ實驗時間(5時間)ノ範圍内ニ於テハ、其變化ヲ發見スル能ハズ。

b) 從來各種疾患ニ於テ血漿中ニ增量スト云ハルル、「フィブリノーゲン」、或ハ血清「グロブリン」ハ陽性ニ帶電セルコト竝ニ之ガ血球ノ陰性荷電ヲ減少セシメ以テ血球凝集ヲ起シ、赤沈速度ヲ促進セシムトノ學說ハ、Fahraeus, Höbr, Linzenmeier 氏等ノ主唱以來一部學者ノ贊意ヲ表スルモノナレ共、之等蛋白質ノ陽性ニ荷電セルコトヲ直接ニ證明セシモノハ未ダ何人モナク、只間接的ニ之等ノ溶液ニ白陶土ノ如キ陰性吸着物ヲ作用セシムルトキハ、夫等ノ蛋白質竝ニ赤沈速度ヲ減少セシムル事竝ニ斯ル蛋白溶液中ニ於テハ血球ノ陰性荷電量ノ減少セル事實ニ基キテ推測セルモノニ過ギズ。而シテ其血球荷電量ノ測定ニ關シテモ、主トシテ Kataphorese 檢査ニ依ル結果ヲ唯一ノ根據トセルモノ多キモ、同方法ノ缺陷ニ關シテハ已ニ余ノ指摘セル所ナリ。而シテ余ノ第3章ニ於ケル實驗ノ成績ニ於テハ、試験管内ニ於テ「フィブリノーゲン」、「グロブリン」或ハ「アラビアゴム」等ノ增量ハ何等赤沈速度ヲ促進セシメズ、寧ろ其減少スルヲ見タリ。斯ル事實ト、余ノ第6及ビ7章ノ實驗成績ノ結果トヲ併セ見ル時ハ、Fahraeus 氏等ニ依リテ主唱セラルル所謂 Ladungstheorie ニ關シテハ聊發義ヲ生ゼザルヲ得ズ。余ノ實驗ノ範圍ニ於テハ血球ノ荷電ヲ否定シ、或ハ「フィブリノーゲン」、又ハ「グロブリン」ガ赤沈速度ニ全然關係ナシトノ根據ハ有セザレドモ、少クとも、血球ノ荷電ノ關係ガ、肉眼的ニ觀察スル赤沈速度ニ影響ストノ學說ニ對シテハ贊シ難キモノトス。

第9章 赤血球沈降現象ノ顯微鏡的觀察

毛細管内ニ於ケル血球沈降ニ關スル顯微鏡的觀察ニ至リテハ、已ニ古ク Alexis Schklarewsky³⁵⁾(1868)氏

ノ詳細ナル報告アレドモ、爾來之等ニ關シテハ世人ノ注意ヲ喚起セザルモノノ如シ。從來赤沈速度ノ觀察ニ當リテハ主トシテ肉眼の検査ニ依ルモノニシテ、何人モ其顯微鏡的ニ血球沈降ノ狀ヲ觀察スルコトヲ等閑ニ附セル傾向アレドモ、之等ノ研究ニ當リ血球ガ如何ナル狀ヲ呈シテ毛細管内ヲ沈下スルヤヲ顯微鏡的ニ觀察スルコトハ重要ナリト信ジ、余ハ之ガ追試實驗ヲナセリ。

第1項 實驗方法

抑、斯ル現象ヲ顯微鏡的ニ觀察センニハ、血球濃度ノ稀薄ナルヲ要シ、又假令血球稀薄ナルモ毛細管ノ内徑ガ過大ナルモノニアリテハ、血球ガ濃厚ナル場合ト等シク觀察ニハ不適當ナレバ、余ハ血球ハ500倍稀釋ノ血球食鹽水ヲ採リ、硝子製毛細管ハ其内徑0.2—0.4 mm、長サ20 cmニシテ其内徑ノ一定、且眞直ニシテ彎曲ナキモノヲ嚴選シテ實驗ニ供セリ。其實施ニ當リテハ先ツ該毛細硝子管内ニ極メテ靜カニ血球液ヲ吸引シ、後5—6滴程滴下シ、直ニ其下端部ハ「ゴム」粘土ヲ以テ堅ク閉鎖シ、之ヲ正シク垂直ニ且動搖セザル様ニ保持セシメ、顯微鏡ヲ毛細管ノ軸ニ直角ニ置キ、觀察セントスル箇所ニハ毛細管ヲ2枚ノDeckglasヲ以テ挟ミ其間ニ「グリセリン」ノ層ヲ作りテ鏡檢セリ。光源ニハ30燭光ノ電燈ガ最モ適當ナリシヲ以テ之ヲ終始採用セリ。

第2項 顯微鏡的所見

該毛細管ニ血球液ヲ8 cmノ高サマデ吸引シ、7—8 cmノ高サニ於テ、略ボ毛細管ノ中心部ニ於ケル血球沈降ノ狀ヲ窺フニ、血球ハ或ハ個々ニ、或ハ三々五々相集リ、或ハ之等ガ相互ニ衝突シツツ沈下シ、斷ヘズ管壁ヨリ中流ニ向フ支流ヲ生ズ。即チ Verwirbelung, sog. Turbulenzererscheinung³⁶⁾ヲ惹起スルモノナリ。而シテ毛細管ノ中心部ヨリ一度眼ヲ管壁ニ轉ンゼンカ、盛ニ血球ノ上昇セルヲ觀ル。斯ル上昇血球ノ源ヲ辿ラントシテ試ニ之ヲ管ノ下端ニ追究センカ、之ハ一度下降セル血球ガ管底ニ衝突シ更ニ上昇スルノ事實ヲ確メタリ。

第3項 考察

以上ノ鏡檢的所見ニ據レバ血球ガ毛細管内ヲ流ルル際ニハ斷ズ所謂 Turbulenzererscheinungヲ生ズ。故ニ血球ハ此支流ノタメニ垂直ニ沈下スルコト能ハザルヲ以テ、其沈降速度ヲ減ゼラル、尙ホ又管底ニ衝突スル血球ハ上方ニ逆流ヲ生ジ、之亦沈降速度ヲ減ゼシムル條件トナルナリ。

第10章 赤血球沈降速度測定管ノ口徑ノ、赤血球沈降速度ニ及ボス影響

之ヲ文献ニ徵スルニ、已ニ Westergren²⁴⁾氏ハ沈降測定管口徑2.4—2.7 mm、高サ200 mm、容積0.9—1.15 cc以內ノ變化ハ影響ナシ。然レドモ口徑差1—3 mmノ測定管ノ場合ハ速度ノ差ハ2 mm以內ナルモ、一般ニ細管ハ赤沈速度速ナリト云フ。Linzenmeier³⁾氏ハ口徑3 mm以下ノ細管ニテハ一般ニ赤沈速度ハ促進スト云フ。然レドモ亦多少ノ差異ハ實際上顧慮スルニ足ラズトナスモノアリ。斯ノ如ク沈降測定管ノ口徑

ノ差異ガ、赤沈速度ニ及ボス影響ニ關シテハ、其ノ報告モ少ク、假令之アルモ夫等ノ原因ニ關シテハ詳ニセズ。故ニ余ハ之等ニ關シテ次ノ實驗ヲ行ヘリ。

第 1 項 實 驗 方 法

實驗材料トシテハ、牛血球ノ 10 容積 % 食鹽溶液ヲ採リ、試験管ノ内徑ノ異ナルモノ 4 種 (10, 5, 2, 1.5 mm) ヲ選ビ、之等ニ何レモ 5 cm ノ高サマデ該血球溶液ヲ入レテ赤沈速度ヲ測定セルニ、其成績ハ第 11 表ノ如シ。

第 1 1 表

試験管 直徑 (mm)	赤 血 球 沈 降 速 度 (14°C)									
	1		2		3		4		5	
	h_1	$\frac{h_1}{60}$	h_2	$\frac{h_2}{60}$	h_3	$\frac{h_3}{60}$	h_4	$\frac{h_4}{60}$	h_5	$\frac{h_5}{60}$
10.0	2.0	0.033	1.7	0.028	1.7	0.028	1.6	0.027	1.5	0.025
5.0	2.0	0.033	1.7	0.028	1.7	0.028	1.6	0.027	1.5	0.025
2.0	5.0	0.083	3.6	0.060	3.4	0.057	2.3	0.038	1.9	0.032
1.5	5.0	0.083	3.6	0.060	3.4	0.057	2.3	0.038	1.9	0.032

第 2 項 實 驗 成 績

第 11 表ノ成績ニ依レバ、一般ニ内徑ノ細キモノハ太キモノニ比シ赤沈速度ハ大ナリ。又内徑 5mm 及ビ 10mm ノモノト、2mm 及ビ 1.5mm ノモノトハ、何レモ各赤沈速度ハ相等シ。素ヨリ斯ル絶対値ニ關シテハ各研究者ニヨリテ試験材料、血液柱ノ高サ、其他ノ條件ノ異ナルニ依リテ差異アルハ勿論ナレドモ、余ノ成績ハ略ボ先人ノ夫レト相一致セルヲ見ル。赤沈速度ヲ抑制セシムル條件トシテ、所謂 Turbulenzerscheinung 竝ニ管底ヨリ上方ニ昇騰スル液流ノアルコトハ已ニ第 9 章ニ於テ述べタル所ナルガ、赤沈速度測定ノ際細管ガ太キ管ヨリモ大ナル速度ヲ示スハ、之等ノ現象ガ前者ニ於テ小ニ、後者ニ於テ大ナルニ起因ス可キモノニシテ、碳酸石灰ノ沈澱ヲ生ゼル液ヲ用ヒテ能ク觀察スルヲ得ベシ。

第 11 章 結 論

余ハ赤沈速度ニ影響スル諸種物理學的條件ニ就キテ研究シ、次ノ結論ヲ得タリ。

抑液体内ニ於ケル微粒子ノ沈降速度ニ關シテハ已知ラレタル Stokes 式 (1) アリ。今大サノ一定セル血球ヲ用ヒテ赤沈速度ヲ検査スル場合、若シ血球ノ比重 (S_0) 及ビ液體 (血漿) ノ比重 (S_1) 竝ニ粘稠度 (η) 以外ニ何等赤沈速度ニ關與ス可キ因子無シト假定セバ Stokes 式ヨリ次ノ關係 (2 及ビ 3 式) ヲ見ザル可カラズ、

$$V = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \frac{(S_0 - S_1) \cdot g}{\eta} \dots \dots \dots (1)$$

$$V = \frac{h}{t} = K \cdot \frac{(S_0 - S_1)}{\eta} \dots \dots \dots (2)$$

$$K = \frac{h}{t} + \frac{(S_0 - S_1)}{\eta} \dots \dots \dots (3)$$

上記ノ式中、 V = 微粒子(血球)ノ沈降速度、 r = 微粒子ノ半径、 S_0 = 微粒子(血球)ノ比重、 S_1 = 液體(血漿)ノ比重、 g = 重力 = 依ル加速度、 η = 液體(血漿)ノ粘稠度、 h = 血球ノ沈降ノ高サ、 t = 觀察時間、 K = 恒數ヲ夫々示ス。

1) 牛血ヨリ分離セシ「グロブリン」液、「ファイブリンノーゲン」液竝ニ6%「アラビアゴム」液中ニ牛血球ヲ混ジテ夫等ノ赤沈速度ヲ檢セシニ、 K 値ハ一定ナラズ、即チ時ヲ經ルニ從ヒテ減少ス。赤沈速度モ亦同様ニ時ト共ニ減少ス。

2) 液體對血球總容積比ノ大ナルニ從ヒテ赤沈速度ハ小トナル。之ハ主トシテ血球數増加ニ基ク不等質ナル血液全體トシテノ粘稠度ノ増大ニ基因ス。尙ホ此際ノ赤沈速度ハ一定ナラズシテ觀察時ノ進ムニ從ヒテ減少ス。之ハ時ノ進ムニ從ヒテ漸次血球間ノ間隔ヲ短縮シ以テ血液全體トシテノ粘稠度ヲ増加シ行クニ由ル。

3) 同一口徑ヲ有スル有底試験管ヲ用ヒテ赤沈速度ヲ檢查スル場合ハ血柱低キモノ程赤沈速度ハ少ニシテ其速度減少率ハ大ナリ。又沈降血球ハ管底ヨリ上方ニ逆流ス。此逆流ハ管ノ口徑太キ程著シ。(2)後段及ビ(3)ノ事實ハ管底ノ影響ニ基因ス。

4) 血球ノ荷電ハ赤沈速度ニ認ムベキ影響ヲ與ヘズ。

5) 細試験管内ヲ血球ガ沈下スル際ニハ所謂 Turbulenzerscheinung ヲ惹起ス。之ハ亦赤沈速度ヲ遅カラシム。

6) 血球柱ノ高サガ同一ナル場合ニハ試験管内徑ガ廣キモノハ狭キモノヨリモ其赤沈速度ハ小ナリ。之ハ前者ニ於テ Turbulenzerscheinung 及ビ底ヨリノ逆流現象ガ共ニ後者ニ比シ大ナルガ爲メナリ。

擧筆スルニ當リ、終始御懇篤ナル御指導ト、御校閱ノ勞トヲ賜ハリタル、恩師生沼教授ニ對シ、衷心感謝ノ意ヲ表ス。(5. 8. 6. 受稿)

主要文獻

- 1) *Fabraeus*, *Biochem. Zeitschr.* 1918, Bd. 89, S. 355; *Acta med. scandinav.* Vol. 55, p. 1, 1921; *Physiological Reviews*, Vol. 9, No. 2, p. 241, 1929. 2) *Höber*, *Pfügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 1920, Bd. 114, S. 129; *Klin. Wochenschr.* 1922, Nr. 49, S. 2412. 3) *Linzenmeier*, *Pfügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 1920, Bd. 181, S. 169; *Ebenda* 1921, Bd. 186, S. 272; *Deut. med. Wochenschr.* 1922, Nr. 30, S. 1023; *Münch. med. Wochenschr.* 1923, Nr. 40, S. 1243; *Zentralbl. f. Gynaekol.* 1920, Nr. 30, S. 816; *Ebenda* 1923, Nr. 14, S. 535. 4) *Aberhalden*, *Münch. med. Wochenschr.* 1921, Nr. 31, S. 973. 5) 小笠原, 近畿婦人科學會雜誌, 第4卷, 196頁, 大正10年. 6) 上野, 內分泌學雜誌, 第2卷, 大正15年度. 7) *Bürker*, *Münch. med. Wochenschr.* 1922, Nr. 16, S. 577. 8) 大谷, 日新醫學, 第15年, 5號及ビ6號, 大正15年度. 9) 長島, 結核, 4卷, 10號 = 11號, 大正15年. 10) 藤原, 岡山醫學會雜誌, 第450號, 1012頁, 昭和2年7月. 11) *Plaut*, *Münch. med. Wochenschr.* 1920, Nr. 10, S. 279. 12) *Gram*, *Arch. of internal med.* Vol. 28, p. 312, 1921. 13) *Öttingen*, *Biochem. Zeitschr.* 1921, Bd. 118, S. 67. 14) 木村, 日本外科學會雜誌, 第23回, 第12號. 15) 津田及ビ堤, 慶應醫學, 第1卷, 第8號, 大正10年8月. 16) 村上, 京都醫學會雜誌, 第19卷, 第6號, 681頁, 大正11年. 17) 清水, 北海道醫學雜誌, 第1年, 2, 3, 4號, (大正13年) 並 = 第2年, 4號, (大正14年). 18) 赤澤, 乳兒學雜誌, 第5卷, 3號, 475頁, 昭和4年5月. 19) *Sachs u. Öttingen*, *Münch. med. Wochenschr.* 1921, Nr. 12, S. 351. 20) *Starlinger*, *Biochem. Zeitschr.* 1921, Bd. 114, S. 129; *Ebenda* Bd. 122, S. 105. 21) *Ley*, *Zeitschr. f. d. ges. exp. Med.* 1922, Bd. 26, S. 59; *Pfügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 1922, Bd. 197, S. 599. 22) 小松原, 東京醫學會雜誌, 第40卷, 第7號, 880頁, 大正15年. 23) 恒川並 = 村松, 結核, 5卷. 24) *Westergren*, *Acta med. scandinav.* 1921, Vol. 54, p. 247; *Brit. Journ. of tubercul.* Vol. 15, p. 72, 1921; *Brauers Beitr.* Bd. 46, S. 285, 1921; *Klin. Wochenschr.* 1922, Nr. 27, S. 1359; *Deut. med. Wochenschr.* 1923, Nr. 7, S. 218; *Ergebnisse d. inner. Med u. Kinderheilkunde*, 1924, Bd. 26, S. 577. 25) *Kürten*, *Pfügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 1920, Bd. 185, S. 248. 26) 西方, 醫事新聞, 1124號, 991頁, 大正12年8月. 27) 坂井, 岡山醫學會雜誌, 第478號, 昭和4年11月. 28) 木下, 岡山醫學會雜誌, 第386號, 大正11年6月. 29) 大高, 結核, 5卷, 5號. 30) *Berezeller u. Wastl*, *Biochem. Zeitschr.* 1924, Bd. 146, S. 370; *Ebenda* 1924, Bd. 145, S. 82. 31) 久保, 北海道醫學雜誌, 第2年; 第2號並 = 第6號, 大正14年. 32) 岡田, 長崎醫學雜誌, 大正14年11月. 33) *Michaelis*, *Praktikum der physikalischen Chemie.* 34) *Kōsaka and Seki*, 岡山醫學會雜誌, 第372號, 大正10年1月. 35) *Alexis Schikarewsky*, *Pfügers Arch. f. d. ges. physiol.* 1863, Bd. 1, S. 603. 36) *Meier*, *Die Umschau*, 33 Jahrg. 12, okt. 1929, S. 815.

Kurze Inhaltsangabe.

**Über die verschiedenen physikalischen Bedingungen,
welche die Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen
beeinflussen. (I. Mitteilung.)**

Von

Sôhei Yamamoto.

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

Eingegangen am 6. August 1930.

Verfasser untersuchte die verschiedenen physikalischen Bedingungen, welche die Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen beeinflussen, und kam zu folgenden Resultaten: In Bezug auf die Senkungsgeschwindigkeit der Teilchen in einer Flüssigkeit ist die Gültigkeit der bekannten Stokeschen Formel wohl anzuerkennen. Wenn es sich um sinkende Teilchen bestimmter Grösse handelt, so kann man die Originalformel folgendermassen umschreiben.

$$V = \frac{2}{9} \cdot \gamma^2 \cdot \frac{(S_0 - S_1) \cdot g}{\eta}, \quad V = \frac{h}{t} = K \cdot \frac{(S_0 - S_1)}{\eta}, \quad K = \frac{h}{t} \div \frac{(S_0 - S_1)}{\eta}.$$

V=Senkungsgeschwindigkeit der (Blut) Körperchen, γ =Radius der Körperchen, S_0 =spez. Gewicht der (Blut) Körperchen, S_1 =spez. Gewicht der Flüssigkeit, η =Viskosität der Flüssigkeit, g =Beschleunigung durch Schwere, h =gesunkene Höhe der Blutkörperchensäule, t =beobachtete Zeit, K =Konstante.

1) Die Bestimmung der Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen des Rindes in der Globulin- oder Fibrinogenlösung oder in sechs prozentiger Lösung von Gummi arabicum gibt in keiner Lösung einen konstanten Wert von K , es vermindert sich also der Wert mit dem Verlauf der Beobachtungszeit. Die Senkungsgeschwindigkeit des Blutkörperchens verhält sich entsprechend dem Werte von K .

2) Jenachdem das Verhältnis zwischen dem Volumen der gesamten Blutkörperchen und dem Flüssigkeitsvolumen zunimmt verringert sich die Senkungsgeschwindigkeit. Die Verminderung der Senkungsgeschwindigkeit beruht hauptsächlich darauf, dass sich die Viskosität des Blutkörperchen enthaltenden Blutes vermehrt. In diesem Falle ist die Senkungsgeschwindigkeit der Blutkörperchen nicht konstant, sondern vermindert sich mit der Zeit, weil die Blutkörperchen sich immer näher aneinander drängen und die Viskosität des gesamten Blutes mit der Zeit stärker wird.

3) Bei der Messung der Senkungsgeschwindigkeit der Blutkörperchen in einer Röhre, die den gleichen Durchmesser wie ihr Boden hat, bemerkt man eine um so kleinere Geschwindigkeit, je niedriger die Blutsäule ist. Dagegen wird die Geschwindigkeit in der Verminderung der Senkungsgeschwindigkeit des Blutkörperchens mit der Zeit grösser. Die sinkenden Blutkörperchen steigen wieder vom Boden empor. Diese Erscheinung ist um so bedeutender, je weiter die Röhre ist. Die in (2) und (3) erwähnten Erscheinungen beruhen auf dem Einfluss, den der Boden der Röhre hat.

4) Ein nennenswerter Einfluss der geladenen Elektrizität der Blutkörperchen auf die Senkungsgeschwindigkeit ist nicht bemerkbar.

5) Beim Sinken der Blutkörperchen bemerkt man die sogenannte Turbulenzerscheinung, welche auch auf die Senkungsgeschwindigkeit verzögernd wirkt.

6) Die Blutkörperchen im Blut von gleicher Höhe sinken schneller in der engen Röhre als in der weiteren, weil die Turbulenzerscheinung und das Zurücksteigen des Blutes vom Boden in der weiteren Röhre stärker sind als in der engen.

