

84.

612.III.2

血管(模型)直徑ノ大小ニ依ル赤血球數ノ 變化ニ就テノ實驗的研究

岡山醫科大學生理學教室(主任生沼教授)

醫學士 岡村 好 幸

[昭和14年3月9日受稿]

緒 言

身體各部ニ於ケル血管ガ、其ノ内ノ血液ノ單位容積中常ニ同數ノ赤血球ヲ有スルモノデナイコトハ既ニ Franz Müller¹⁾ガ注意シ、Miescher¹⁾モ亦種々ノ條件ニ依ツテ赤血球數ニ變化ノ起ルコトヲ述ベテ居ルノデアル。Cohnstein u. Zuntz²⁾、Lesser³⁾等ハ種々ノ動脈ニ於テ赤血球數ニ異同ノアルコトヲ實驗的ニ研究シテ居ル。本邦ニ於テモ、日野⁴⁾、大塚⁵⁾、中西、喜多⁶⁾等ハ採血部ト赤血球數ニ就テノ實驗的研究ヲ發表シテ居ルノデアル。即チ中西、喜多ニ依レバ

頸動脈	633
心臟穿刺	513—647

又日野⁴⁾ニ依レバ

耳靜脈	100
腸間膜動脈	104
腸間膜靜脈	100
大動脈	93
心筋	92

余ハ450mmノ低壓ニ於テ家兎耳朶靜脈ガ擴張シ且赤血球ガ増加スルコトヲ實驗的ニ確認シ之ヲ血管模型ニ依テ實驗的ニ追試シテ見タノデアル。

實驗方法

1) 床上約50—70cmノ高サニ内容約500ccノ漏斗ヲ支持シコレカラ「ゴム管」ヲ導キ其ノ尖端ニ

口徑種々ナル硝子管ヲ連結シ、漏斗ニ血液ヲ入レテ「ゴム管」ヲ經テ一定口徑ノ硝子管中ヲ血液ガ流レル様ニスルノデアル。斯クテ種々ナル口徑ノ硝子管ヲ經テ流出シタ血液ノ單位容積中ノ赤血球數ヲ計算シタノデアル。硝子管ハ長サ25—30cmノモノヲ使用シタ。

2) 實驗使用血液ハ新鮮ナ牛血デ、其ノ纖維素ヲ除去シ、生理的食鹽水ヲ以テ適當ニ稀釋シタモノデアル。

3) 漏斗ト硝子管トノ途中デ「ゴム管」ヲ特別ナ裝置ニテ電氣的ニ一定ノ回数搏打スルト赤血球ガヨク混合セラレル。コノ時注意セスト却ツテ搏動ノ爲ニ laminäre Strömung ガ阻害セラレル。即チ硝子管ハ血管ノ様ニ弾力性ガナイカラ、之ニ接近シテ搏打スルト流レガ斷絶スルノデアル。

4) 計算方法ハ Thomas-Zeiss ノ計算板ニ依ツテ行ツタ。尙ホ計算法ノ詳細ハ「低壓ガ家兎耳朶靜脈赤血球數ニ及ボス影響ニ就テ」ナル論文ニ述ベタト同様デアル。

實驗成績

1) 直徑0.2cm及ビ0.4cmノ硝子管ヲ「ゴム管」カラ分岐シ連結シテ兩方ノ硝子管カラ同時ニ血液ヲ流出シテ、流出シタ血液ヲ別々ニ小硝子皿ニ採取シテ其ノ單位容積中ノ赤血球ヲ計算シタノデアル(第1表)。

第 1 表

原血液赤血球数 (萬)	硝子管直径	
	0.2 cm	0.4 cm
818 (100%)	786 (96%)	886 (108%)
366 (100%)	342 (93%)	414 (113%)

2) 次ニ直径ノ異ル硝子管ヲ「ゴム管」ニ同時ニ連結スルコト無く、別々ニ連結シテ別々ニ血液ヲ流シテ其ノ時ノ赤血球ヲ計算スルト次ノ第2表ノ様ニナツタ。

第 2 表

原血赤血球数 (萬)	各個ノ直径ノ硝子管ヨリノ血液赤血球数			
	0.12 cm	0.18 cm	0.4 cm	0.6 cm
340 (100%)		296 (87%)	322 (94%)	
344 (100%)		300 (87%)	320 (93%)	
360 (100%)	315 (87%)			338 (93%)
423 (100%)	375 (88%)			404 (95%)

3) 粘着性測定

Ostwald ノ方法ニヨツテ測定シタトコロニヨルト次ノ成績ヲ得タ。

原血液赤血球数 423 萬

比重 (s₁) 1.1

使用液量 15 cc

水温 11°5' C

時間 (t 及 t₁) 水 (t) 5" 5" 5"

血液 (t₁) 7.5" 7.5" 8"

$$\eta = \frac{st_1}{t} = 1.7$$

4) 種々ノ直径ノ硝子管ヲ使用シタ際ニ單位時間内ニ流出スル水量又ハ血液量ヲ測定シテ平均流速度ヲ計算スルト水ノ時モ血液ノ時モ共ニ直径 0.4 cm ノ時ニ於テ最大デアリ。コレ以上ハ直径ガ増加シデモ、反對ニ減少シテモ兩方ノ場合ニ於テ共ニ平均流速度ハ減少スルノデアリ。硝子管ニ到ルマデ「ゴム管」ノ太サヲ増加スルト單位時間ニ硝子管カラ流出スル水量又ハ血量ハ増加スルガ結局平均流速度ノ値ノ最大ナルハ直径 0.4 cm ノ硝子管デアリ。

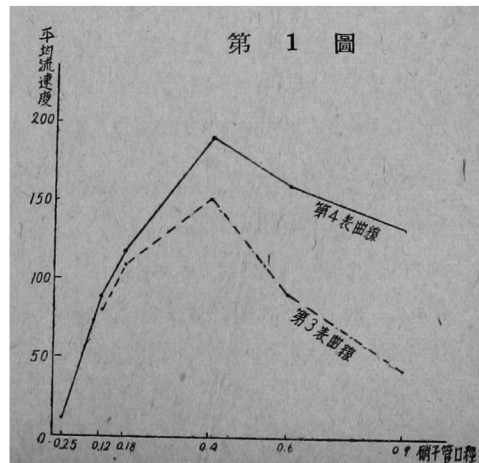
1) 水ノ場合ハ次表ノ通りデアリ。

第 3 表 (ゴム管ノ直径 0.6 cm)

水量 (10秒)	硝子管直径 (cm)	πr^2	平均流速度
280	0.9	0.63585	44
260	0.6	0.2826	92
190	0.4	0.1256	151
28	0.18	0.025434	110
9	0.12	0.011204	80

第 4 表 (ゴム管ノ直径 1.6 cm)

水量 (10秒)	硝子管直径 (cm)	πr^2	平均流速度
870	0.9	0.63585	136
460	0.6	0.2826	162
240	0.4	0.1256	191
30	0.18	0.025434	117
10	0.12	0.011204	89
4	0.025	0.00045216	13



流出水量 V , 平均流速 v トシ, 時間 t トシ

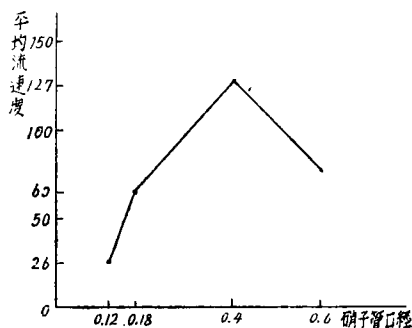
$V = \pi r^2 v t$ ナル式ヨリ計算シタノデアル.

ロ) 血液ノ場合モ第3表及ビ第4表ト同様ノ方法ニ從ツテ計算スルト次ノ通りデアル.

第 5 表

血液量 (cc)	時間 (sek.)	硝子管 口 徑 (cm)	πr^2	平均流 速 度
12	4.1	0.12	0.011204	26
12	7.2	0.18	0.025434	65
120	7.5	0.4	0.1256	127
120	5.5	0.6	0.2826	77

第 2 圖



5) Strömung durch Kapillaren:

Reynolds Formel^{7) 8)} = 依ルト

$U s d / \eta > 2000$ (in c.g.s. system)

$\left\{ \begin{array}{l} U \cdots \cdots \text{平均流速度} \\ s \cdots \cdots \text{比重} \\ d \cdots \cdots \text{直径} \\ \eta (\text{水}) = 0.0105 \text{ cm}^{-1} \text{ sec}^{-1} \end{array} \right.$

以上ノ如キ値ノ時ハ Laminäre Strömung ガ無クナリ Wirbelnde Strömung トナルト言フノデアル. 今以上 3) 以下ニ於テ記載セルトコロノ粘度, 硝子管ノ直径, 比重, 平均流速度等ノ各値ヲ夫々ニ代入シテ計算スルト次ノ如クナルノデアル.

第1 水ノ場合

a) $d = 0.6$ (cm) ノトキ (第3表ニヨル)

$U = 92$

$s = 1$

η ノ温度ニヨル差ハ假リニ無視シテ計算

スル.

$$\frac{92 \times 1 \times 0.6}{0.01} = 5520$$

b) $d = 0.6$ (cm) デ第4表ニヨリ計算スルト

$U = 162$

$$\frac{162 \times 1 \times 0.6}{0.01} = 9720$$

c) $d = 0.025$ (第4表ニヨル)

$$\frac{13 \times 1 \times 0.025}{0.01} = 32.5 \cdots \cdots \text{Laminäre S.}$$

d) $d = 0.12$ (第4表ニヨル)

$$\frac{89 \times 1 \times 0.12}{0.01} = 1068 \cdots \cdots \text{Laminäre S.}$$

e) $d = 0.18$ (第4表ニヨル)

$$\frac{117 \times 0.18}{0.01} = 2106$$

f) $d = 0.4$ (第4表ニヨル)

$$\frac{191 \times 0.4}{0.01} = 7640$$

第2 血液ノ場合

a) $d = 0.6$

$$\frac{77 \times 1.1 \times 0.6}{0.017} = 2989$$

b) $d = 0.4$

$$\frac{127 \times 1.12 \times 0.4}{0.017} = 3287$$

c) $d = 0.18$

$$\frac{65 \times 1.1 \times 0.18}{0.017} = 757$$

f) $d = 0.12$

$$\frac{26 \times 1.1 \times 0.12}{0.017} = 201$$

考 按

1) 實驗成績第1表ニ於テ見ラルル様ニ血液ヲ容レル漏斗(心臟ニ相當ス)ヨリノ導管カラ直径0.2 cm 及ビ0.4 cm ノ2本ノ硝子管(末梢血管ニ相當ス)ヲ分岐シテ兩方ノ硝子管ヲ同時ニ血液ガ流レル様ニスルトキ, 其ノ時ノ赤血球數ヲ漏斗ニ於テ100%トスルト直径0.2 cm ノ硝子管ヲ流レル血液ノ赤血球數ハ93—96%ヲ示シ, 0.4 cm ノ直径ノ硝子管ヲ流レル血液ノ赤血球數ハ109—113%

ヲ示シテ居ル、コノ結果ハ中西、喜多⁶⁾ニ依ル心臟血ノ(513—647)ニ對シ頸動脈血ノ633ナル成績ト略ボ一致スル以上ノ成績カラ考ヘルト次ノ2ツノ事ガ事實デアルト想像セラレル。

a) 心臟血ガ末梢血管ニ到ルニ從ヒ色々ナ割合ニ赤血球ヲ含有シテ居ルノデアツテ、赤血球數ハ身體各部ニ於テ常ニ相等シキ數ニ於テ分布セラレテ居ルモノデナイト言フコトハ、動物實驗ノ上カラモ模型ノ上カラモ事實デアルコトガ證明セラレルノデアル。

b) (0.2 及ビ 0.4) cm ノ兩直徑ノ硝子管ヲ流レル血液ノ赤血球數ハ直徑ノ大ナル硝子管ヲ流レル血液ノ方ガ直徑ノ小ナル硝子管ヲ流レル血液ヨリモ多數ノ赤血球ヲ含有シテ居ルト言フコトデアル。併シ直徑ガ増加スルト常ニ夫レト正比例シテ赤血球ガ増加スルカト言フト必ズシモ然ラズ、種種ノ條件ニヨツテ色々ナ變化が見ラレルノデアル。

2) 第2表ニ於テ見ラルガ如ク直徑 0.18 cm ノモノト直徑 0.4 cm ノモノトノ間ニハ明カニ、赤血球數ノ差アルモ直徑 0.12 cm ノモノト直徑 0.18 cm ノモノトノ間ニ著シキ差異ヲ認メラズ、又直徑 0.4 cm ノモノト直徑 0.6 cm ノモノトノ間ニモ著シキ差異ヲ認メラレナイノデアル。抑々血管直徑ノ大小ニヨリ赤血球數ニ差異ノ存スルハ如何ナル理由ニヨルノデアルカ、此點ニ關シテハ勿論種々ナル原因ガ存スルノデアラウガ、最モ有力ナル原因ト考ヘラレルノハ Laminäre Strömung ト Wirbelnde Strömung トノ差異デアル。

Reynolds Formel^{7) 8)}ニヨルト

$$Usd/\eta > 2000$$

ノ値ノ時ハ Wirbelnde Strömung デ

$$Usd/\eta < 2000$$

ノ値ノ時ハ Laminäre Strömung デアル。

コノ Formel ニ必要ナ U ノ値ヲ測定スルト、水ノ場合ニ於テモ血液ノ場合ニ於テモ、常ニ直徑 0.4 cm ノ硝子管ヲ流レル時ニ於テ平均流速度ハ大デアル。コノ Formel ニ各値ヲ代入スルト

第1 水ノ場合ニ於テハ直徑 0.18 cm ノ時ガ丁度 L.S. ト W.S. トノ境界デアル。

第2 血液ノ場合ニ於テハ直徑 0.4 cm ノ時ハ L.S. ト W.S. トノ境界値 2000 ヲ超過シテ居ルノデアル。即チ直徑 0.18 cm ト 0.4 cm トノ間ニ於テ L.S. ト W.S. トノ境界トナル直徑ガ存在スルモノト想像セラレル。

人體内ノ血管ハ殆ド總ベテ L.S. デアリ、生體ノ血管ヲ血液ガ流レル時ハ、中心流ヲ赤血球ガ占メテ周邊部ハ白血球及ビ血漿ノ占メルモノデアルコトハ周知ノコロデアルガ、模型ニ於テモ直徑 0.4 cm デハ $Usd/\eta = 3280$ デ W.S. デアルカラコレ以上ニ赤血球數ノ増加が見ラレナイノハ赤血球ハ中心流ヲ占メテ流レル事實ト併セ考ヘルト當然ノコトト考ヘラレル。直徑 0.18 cm ノ時ハ $Usd/\eta = 757$ デアルカラ直徑 0.18 cm ヨリ直徑 0.4 cm ニ到ルマデノアル範圍内ニ於テハ赤血球數ノ増加ノアルコトガ當然デアル。單ニ以上ノ Reynolds Formel ト赤血球ノ中心流ヲ流レル事實ノミカラ推論スルト直徑 0.12 cm ノ時ハ $Usd/\eta = 201$ デアルカラ直徑 0.18 cm デ $Usd/\eta = 757$ ノ時ヨリ赤血球數ガ少イ様ニ思ハレルガ余ノ實驗デハ直徑 0.12 ト直徑 0.18 cm トノ間ニ赤血球數ノ差異ヲ認メラレナカツタ。

結 論

余ノ血管模型ニ於テ得タ成績カラ考按スルニ硝子管(血管ニ相當ス)ノ直徑ガ増加スルト其ノ内ノ血液ノ赤血球數モ増加スル。但シ直徑ノ増加ト正比例シテ常ニ赤血球數モ増加スルノデハナク、Reynolds Formel ニ依テ Wirbelnde Strömung トナルト赤血球數ハ増加シナイ様ニナルノデアル。

擧筆スルニリ終始御懇篤ナル御指導ト御校閱ヲ賜リシ恩師生沼教授ニ深謝ス。併セテ種種御親切ナル御助力ヲ賜ハリシ林助教授ニ深謝ス。

文 献

- 1) *Franz Müller*, *Abderhalden, Arbeitsmethoden*, Abt. IV, Teil 3, 19. 2) *Cohnstein* u. *Zuntz*, *Pflüger's Arch.*, 42, 303, 1888. 3) *Lesser*, *Arch. f. Physiol.*, S. 41, 1878. 4) 日野, 日本外, 第26回. 5) 大塚, 岡醫雜, 第39年. 6) 中西, 喜多, 日本内科, 第13回. 7) *Bethe*, *Handbuch d. normalen u. path. Physiologie*. 8) *Kohlremsch*, *Lehrbuch d. Praktischen Physik*, 1923.

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

**Experimental Study on the Change of the Number of Red Blood Corpuscles
in the Streaming Blood, according to the Change of the Diameter
of Blood Vessels (Experiment in Model).**

By

Yosiyuki Okamura.

Received for publication 9 March 1939.

On the number of red blood corpuscles contained in the defibrinated blood flowing out from glass tubes of different diameters, which correspond to arterioles of our body, the following observations are made.

According to the experimental results, the number of red blood corpuscles increases with the increase of the diameter of tube.

But when the stream in glass tube flows in whirls (i.e., $U_{sd}/\eta > 2000$ in Reynold's formula) the increase of red blood corpuscles is not to be seen in spite of the increase of the diameter of tube. (*Author's abstract*)
