Aus der III. medizinischen Klinik der Kaiserlichen Universität zu Kioto.
(Direktor: Professor *Toshikazu Mashimo*, M. D.)

Studien über die Viskosität des Blutes unter dem schwankenden Druck.

VII. Mitteilung.

Einfluss der Traubenzuckerlösung auf die Suspensionslösung der roten Blutkörperchen.

Von

Ichinosuke Ito.

動搖壓下に於ける血液の粘稠度の研究

第七報 葡萄糖が赤血球浮游液に及ぼす影響

大學院學生 醫學士 伊藤市之助

京都帝國大學醫學部眞下内科教室

緒 論

葡萄糖が血液粘稠度に及ぼす影響に關しては次の報告あり。即ち *Burton-Opitz*¹⁾ は實驗動物の靜脈内に高張葡萄糖を注射し、又利齋²⁾ は人間に同様の葡萄糖液を注射し其の後一定時間内の血液粘稠度に就いて研究せり。又藤野³⁾ は葡萄糖が赤血球浮游液の粘稠度に及ぼす影響を見る爲め種々濃度の溶液に赤血球を浮游せしめて其の粘稠度を検査せり。然れ共以上の種々實驗は加壓が恒壓の時に於てのみ行はれたり。動搖壓下に於ける實驗は未だ之を見ず。

本論文に於ては著者は其の際に於ける赤血球の影響を検する目的を以て赤血球を種々濃度の葡萄糖溶液にて浮游液とし、之に著者⁴⁾ の既に發表せる動搖壓を加へ一定液量の流出する時間を測定して從來の如き恒壓下に於ける成績と比較し其の溫度的變化をも觀察して *Poiseuille*⁵⁾ 法則と如何なる關係を示すやを檢索せり。

實驗方法

赤血球は比較的多量を要する爲め牛血の夫を用ひたり。即ち加クエン酸ソーダ牛血を3000回轉遠心器に掛けて血球を沈澱せしめ、之を生理的食鹽水にて8回反覆洗滌し、可及的充分に血漿を除去したる後5分間遠心器に掛け、かくして得たる赤血球粥を其の2倍容積に夫々5%、10%、25%の葡萄糖液を以て稀釋して赤血球浮游液を作れり。この際2倍稀釋液の血球浮游濃度は *Haemokrit* を用ひて測定するに血液に於ける夫と近似なり。實驗裝置並に粘稠度計は前回著者⁶⁾ の使用せるものと同じなり。測定溫度は20°C及び36°Cとなし、各濃度に於て同一試檢液に就き各5回づゝ實驗を反覆し其の平均値を採れり。加壓の動搖回数は毎分42回、壓力の振幅は6厘(±3厘)水柱とせり。

實驗成績

1) 測定溫度20°Cなる場合:

恒壓・動搖壓に就て各壓力Dに於ける血球浮游液の一定量を流出するに要する時間即ち流出時間Tを測定し、DとDT(以下DTを壓力時間積と呼ぶ)との關係式を求めたり。

今 $\log DT$ と $\log D$ の各値を圖上に採れば附圖に示すが如し。即ち壓力水柱24.1厘より147.65厘に到るまでは直線となる。之によりて該壓力間に於ては

$$\frac{d \log DT}{d \log D} = K$$

$$D^{1-K} T = C_0$$

但しKは $\log DT$ と $\log D$ の與ふる正切の値なり。C₀はKが零なる時即ち *Poiseuille* 法則に一到せる時のDT値なり。第1式に於てK<0は壓力時間積が壓力増加と共に減少する事を示し、K>0は其の増加する事を示す。

本實驗に於て5%及び10%の場合はK<0にして25%の場合はK>0となる。

更に恒壓・動搖壓の兩實驗に於けるDTの値を比較すれば常に動搖壓實驗の値が小となる。

2) 測定溫度36°Cなる場合:

恒壓・動搖壓の兩實驗共壓力増加に依つて來るDTの値は5%、10%の場合に減少し25%の場合に増加す。5%及び10%の場合に於ける此のDT値の減少は20°Cに於ける成績に比してより少く、25%の場合に於ける増加程度は20°Cの成績に比してより大なり。

更に恒壓・動搖壓兩實驗に於けるDTの値を比較すれば測定溫度20°Cの場合と反對に常に動搖壓實驗の値が大となる。

赤血球 (5 %, 10 % 及 25 % 葡萄糖) 浮游液

Suspensionslösung der roten Blutkörperchen mit Traubenzuckerlösung (5 %, 10 % u. 25 %)

Tabelle 1. 20°C 5 %

D	P	24.7	49.4	74.2	98.9	123.5	148.3
	Q	23.5	48.2	73.0	97.7	122.2	147.0
	V	24.1	48.8	73.6	98.3	122.85	147.65
Z	T	361.9	162.0	105.0	76.8	59.3	47.9
	T'	342.5	157.5	101.8	74.0	58.4	47.8
V × T		8721.79	7905.60	7728.00	7549.44	7285.00	7072.44
R		1.233	1.117	1.092	1.067	1.030	1.000
V × T'		8254.25	7686.00	7492.48	7274.20	7174.44	7057.67
R'		1.169	1.089	1.061	1.030	1.016	1.000

Tabelle 2 20°C 10 %

D	P	24.7	49.4	74.2	98.9	123.5	148.3
	Q	23.5	48.2	73.0	97.7	122.2	147.0
	V	24.1	48.8	73.6	98.3	122.85	147.65
Z	T	372.5	177.5	113.0	82.5	65.2	53.6
	T'	358.7	172.8	111.2	81.5	65.0	53.5
T × V		8977.25	8662.00	8316.80	8103.75	8009.82	7914.04
R		1.134	1.094	1.050	1.024	1.012	1.000
V × T		8644.67	8432.64	8184.32	8011.45	7985.25	7899.28
R'		1.094	1.067	1.036	1.014	1.010	1.000

Tabelle 3 20°C 25 %

D	P	24.7	49.4	74.2	98.9	123.5	148.3
	Q	23.5	48.2	73.0	97.7	122.2	147.0
	V	24.1	48.8	73.6	98.3	122.85	147.65
Z	T	552.2	264.2	176.7	132.6	106.3	88.6
	T'	528.2	273.8	182.2	137.1	109.9	92.0
V × T		13308.02	12892.96	13005.12	13034.58	13058.95	13081.79
R		0.979	0.985	0.994	0.996	0.998	1.000
V × T'		12723.62	13361.44	13403.92	13476.93	13501.22	13583.80
R'		0.973	0.983	0.987	0.992	0.993	1.000

Anmerkung in der Tabelle:

D: 恒壓力又ハ水平壓力 (糧水柱). Der konstante Druck oder der horizontale Druck (em Wasserdruck):

P: 液面 P 標の時. Die Flüssigkeitsoberfläche in dem Zeichen P. V: 平均壓. Der mittlere Druck.

Q: 液面 Q 標の時. Die Flüssigkeitsoberfläche in dem Zeichen Q. Z: 流出時間 (單位秒). Die Strömungszeit (die Sekunde).

T: 恒壓實驗時. in dem konstanten Druck. T': 動搖壓實驗時: in dem schwankenden Druck.

R: V × T の換算. Die Umrechnung des Druckzeitprodukts. R': V × T' の換算. Die Umrechnung des Druckzeitproduktes.

總 括

1) 恒壓・動搖壓兩實驗共測定溫度 20°C に於ては壓力 D と一定液量の流出時間 T との間に

$$D^{1-K} T = C_0$$

なる關係式あり. 而して 5 % の場合 K 値は最も小となる.

2) 動搖壓を加ふる場合には測定溫度 20°C に於ては常に一定液量に対する流出時間は恒壓時より小となり, 36°C にては大となる.

3) 何れの溫度に於ても恒壓・動搖壓兩實驗共 5 %, 10 % の場合には DT の値は壓力の増加と共に減少し, 25 % の場合には増加す.

Tabelle 4. 36°C 5 %

D	P	24.7	49.4	74.2	98.9	123.5	148.3
	Q	23.5	48.2	73.0	97.7	122.2	147.0
	V	24.1	48.8	73.6	98.3	122.85	147.65
Z	T	185.0	90.5	59.6	44.4	35.2	29.0
	T'	194.0	94.8	61.4	45.0	35.5	23.1
V × T		4458.50	4416.40	4386.56	4364.52	4324.32	4281.85
R		1.041	1.031	1.024	1.019	1.009	1.000
V × T'		4675.40	4626.24	4519.04	4423.50	4361.18	4296.62
R'		1.088	1.076	1.051	1.029	1.015	1.000

Tabelle 5 36°C 10 %

D	P	24.7	49.4	74.2	98.9	123.5	148.3
	Q	23.5	48.2	73.0	97.7	122.2	147.0
	V	24.1	48.8	73.6	98.3	122.85	147.65
Z	T	272.7	134.2	88.4	65.9	52.1	42.9
	T'	282.4	138.4	90.3	66.6	52.4	43.0
V × T		6572.07	6548.96	6506.24	6477.97	6400.49	6334.19
R		1.037	1.033	1.027	1.021	1.010	1.000
V × T'		6805.84	6753.92	6646.08	6546.78	6437.34	6348.95
R'		1.071	1.063	1.046	1.031	1.013	1.000

Tabelle 6 36°C 25 %

D	P	24.7	49.4	74.2	98.9	123.5	148.3
	Q	23.5	48.2	73.0	97.7	122.2	147.0
	V	24.1	48.8	73.6	98.3	122.85	147.65
Z	T	371.4	200.4	134.8	102.9	82.8	69.5
	T'	388.8	207.0	138.2	104.1	83.7	70.0
V × T		8950.74	9779.52	9921.28	10115.07	10171.98	10261.68
R		0.872	0.953	0.966	0.985	0.991	1.000
V × T'		9370.08	10101.60	10171.52	10233.03	10282.55	10335.50
R'		0.906	0.977	0.984	0.990	0.994	1.000

桐筆に臨み恩師眞下教授に深甚の謝意を表し, 併せて不斷の御援助を賜りし前川助教に深謝す.

Einleitung.

In bezug auf die Einflüsse der Traubenzuckerlösung auf die Viskosität des Blutes gibt es folgende Experimente. Nämlich injizierte *Burton-Opitz*¹⁾ die hypertonische Traubenzuckerlösung in die Vene des Versuchstieres, und nachdem *Risai*²⁾ die gleiche Traubenzuckerlösung in die menschliche Vene injiziert hatte, untersuchte er die Viskosität des Blutes nach dem Verlauf der bestimmten Stunde. *Fuzino*³⁾ untersuchte die Vis-

kosität der roten Blutkörperchen, die in den Lösungen der verschiedenen Dichtigkeiten suspendiert sind, um den Einfluss der Traubenzuckerlösung auf die Suspensionslösung der roten Blutkörperchen festzustellen. Aber die obengesagten Experimente machte man immer nur in dem Zustand des konstanten Druckes, und noch nicht in dem Zustand des schwankenden Druckes. In meinen Experimenten habe ich rote Blutkörperchen in den Traubenzuckerlösungen der verschiedenen Dichtigkeiten suspendiert, um den damaligen Einfluss der roten Blutkörperchen zu untersuchen, und indem ich diese Lösungen unter dem schwankenden Druck, den ich⁴⁾ erdacht habe, zum Experiment gebrauchte, habe ich die Strömungszeit gemessen, in der eine bestimmte Menge Lösung ausfließt, um die Resultate der Experimente unter dem konstanten Druck mit denselben unter dem schwankenden zu vergleichen, die Temperaturveränderung zu beobachten und das Verhältnis zwischen diesen Resultaten und dem Poiseuilleschen Gesetze⁵⁾ zu untersuchen.

Methode.

Ich gebrauchte das Kuhblut, weil eine ziem-

lich grosse Menge der roten Blutkörperchen nötig war. Zuerst liess ich die Blutkörperchen durch Zentrifugierung (3000 mal pro Minute) des Zitratkuhblutes absetzen, dann spülte ich sie 8 mal aufeinander mit der physiologischen Kochsalzlösung, und nachdem ich das Blutplasma nach Möglichkeit beseitigt hatte, zentrifugierte ich 5 Minuten lang und bekam so Brei der roten Blutkörperchen. Diesen verdünnte ich mit der 5%, 10% und 25%igen Traubenzuckerlösung zum zweifachen Volumen und bekam dann die Suspensionslösung der roten Blutkörperchen. Als ich es mit dem Hämokrit untersuchte, war die Suspensionsdichtigkeit der Blutkörperchen in dieser zweifach verdünnten Lösung der des Blutes nahe. Ich gebrauchte dieselbe Versuchseinrichtung und denselben Viskosimeter wie das letztmal⁶⁾. Die Versuchstemperatur war 20°C und 36°C, und in der Versuchslösung jeder verschiedenen Dichtigkeit wiederholte ich 5 mal das Experiment und habe den mittleren Wert davon genommen. Die Schwankung war 42 mal pro Minute und die Amplitude des schwankenden Druckes 6 cm (± 3 cm) Wasserdruck.

Resultat.

1) Bei der Versuchstemperatur 20°C:

Sowohl unter dem konstanten als dem schwankenden Druck mass ich die Strömungszeit T, in der unter jedem Druck D eine bestimmte Menge Blut ausfliesst, und bekam die Formel des Verhältnisses zwischen D und DT (von jetzt an nenne ich DT das Druckzeitprodukt). Wenn man nun die Werte der log DT und der log D graphisch darstellt, bildet sich eine gerade Linie von 24.1cm bis 147.65 cm Wasserdruck, wie sie in der Figur gezeigt ist. Da besteht die folgende Formel zwischen diesen verschiedenen Drucken:

$$\frac{d \log DT}{d \log D} = K$$

$$D^{1-K} T = C_0$$

Hier zeigt K den Wert der Tangente, den die log DT und die log D geben. C_0 zeigt den Wert, welchen DT hat, wenn K null ist, nämlich das Material dem *Poiseuille*-schen Gesetz folgt. In der ersten Formel zeigt $K < 0$ die Abnahme des Druckzeitprodukts, die die Drucksteigerung begleitet, und $K > 0$ zeigt die Zunahme. In den Fällen meiner diesmaligen Experimente ist es $K < 0$, wenn die Dichtigkeit der Traubenzuckerlösung 5 % und 10 % ist, und ist es $K > 0$, wenn sie 25 % ist. Was die Werte der DT in den beiden Experimenten des konstanten und des schwankenden Druckes betrifft, so sind die Werte immer unter dem schwankenden Druck kleiner.

2) Bei der Versuchstemperatur 36°C:

Die Werte DT, die bei der Drucksteigerung erscheinen, sind kleiner, wenn die Dichtigkeit 5 % und 10 % ist, und grösser, wenn sie 25 % ist, in den beiden Experimenten des konstanten und des schwankenden Druckes. Die Abnahme dieser Werte DT in der 5 %- und in der 10 %igen

Lösung ist kleiner und die Zunahme in der 25 %-igen Lösung grösser im Vergleich mit der Resultat in der Versuchstemperatur 20°C. Und was die Werte der DT in den beiden Experimenten des konstanten und des schwankenden Druckes betrifft, so sind die Werte immer unter dem schwankenden Druck grösser, im Gegensatz zu dem Experimente der Versuchstemperatur 20°C.

Schluss.

1) In den beiden Experimenten des konstanten und des schwankenden Druckes besteht die Beziehungsformel

$$D^{1-K} T = C_0$$

zwischen D, dem Druck, und T, der Strömungszeit einer bestimmten Flüssigkeitsmenge bei der Versuchstemperatur 20°C. In der 5 %igen Lösung sind die Werte K am kleinsten.

2) Wenn man den schwankenden Druck gibt, ist die Strömungszeit einer bestimmten Flüssigkeitsmenge in der Temperatur 20°C kleiner und in der Temperatur 36°C grösser, als unter dem konstanten Druck.

3) Bei den sämtlichen Fällen der Temperatur nehmen die Werte DT mit der Drucksteigerung ab, wenn die Dichtigkeit 5 % und 10 % ist, und nehmen die Werte zu, wenn sie 25 % ist, in den beiden Experimenten des konstanten und des schwankenden Druckes.

Literatur

- 1) *Burton-Opitz, R.*: J. of exper. med., 8, 240 (1906).
- 2) 利齋潔: 京都醫學雜誌, 25, 699 (昭 3).
- 3) 藤野磊三: 京都醫學雜誌, 25, 699 (昭 3).
- 4) 伊藤市之助: Diese Zeitschr., 2, 271 (1936).
- 5) *Poiseuille*: München. med. Wochenschr., 72, 1319 (1925).
- 6) 伊藤市之助: Diese Zeitschr., 2, 271 (1936).