Experimentelle Studien über die Veränderungen des Eiweisses, Kohlehydrates und Blutgases im konservierten Blut.

I. Mitteilung. Versuch am normalen, azidotischen und alkalotischen Blut.

Von

Kazuo Owada.

(大和田一男)

(Aus der Medizinischen Klinik von Prof. Dr. T. Kato,
Tohoku Reichsuniversität zu Sendai.)

In der Klinik wird die Bluttransfusion vorwiegend mit frischem Blut vorgenommen, in der Kriegs- oder Unfallsmedizin aber kommt die Transfusion konservierten Blutes gelegentlich im Notfall zur Anwendung. Weil,¹⁾ Rous u. Turner,²⁾ Robertson,³⁾ Eljašević u. Kazakov,⁴⁾ Irger, Sasonkin u. Mazelev,⁵⁾ Costa,⁶⁾ Sammartino,⁷⁾ De Blasio,⁸⁾ Aleksandrowicz,⁹⁾ Domanig,¹⁰⁾ Bagdassarov,¹¹⁾ Wilson u. Jamieson,¹²⁾ Rzepecki,¹³⁾ Heim¹⁴⁾ haben am

1) Weil, Journ. Amer. Med. Assoc., 1915, **64**, 425.

2) Rous u. Turner, Journ. Exp. Med., 1916, **23**, 239.

3) Robertson, British Med. Journ., 1918, 691.

4) Eljašević u. Kazakov, Sovrem. Probl. Gematol. i. Perelivaniija Krovi 11/12, 82, 1935 (Russisch). (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1937, **81**, 274.)

5) Irger, Sasonkin u. Mazelev, Vestn. Chir., 1935, **38**, 137 (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1936, **76**, 173).

6) Costa, Semana méd., 1936, **11**, 783. (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1937, **82**, 678).

7) Sammartino, Semana méd., 1936, **11**, 652. (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1937, **82**, 603).

8) De Blasio, Rinasc. med., 1937, **14**, 691.

9) Aleksandrowicz, Lek. wojsk., 1937, **28**, 399. (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1937, **85**, 353).

10) Domanig, Wien. klin. Wschr., 1937, 1067.

11) Bagdassarov, Sang, 1937, **11**, 466.

12) Wilson u. Jamieson, Brit. Med. Journ., 1938, 1207.

13) Rzepecki, Polski Przegl. Chir., 1938, **17**, 437. (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1938, **89**, 670).

14) Heim, Dtsch. med. Wschr., 1939, 586.

Menschen und Tier den Nachweis erbracht, dass man von der Transfusion des in vitro auf einen bestimmten Zeitraum aufbewahrten Blutes fast gleichen Erfolg wie bei der Transfusion frischen Blutes erwarten kann. Auch von Judin u. Skundina,¹⁵⁾ Yudin¹⁶⁾ ist beim Hund und Menschen die Beobachtung gemacht worden, dass die Transfusion des 6–8 Std. post mortem entnommenen Blutes keinen grossen Unterschied von derselben des frischen Blutes aufweist und ferner dass dasselbe Blut im Eisschrank 3 Wochen lang ohne jegliche Veränderung aufbewahrt werden kann. In jüngster Zeit hat Kiguchi¹⁷⁾ am Menschen und Kaninchen diesbezügliche eingehende Untersuchungen angestellt und konnte bestätigen, dass, während beim Menschen 600 Std. lang (25 Tage) aufbewahrtes Blut angewandt werden kann, beim Kaninchen aber 2112 Std. lang (88 Tage) konserviertes Blut noch ohne nennenswerte Nebenwirkung zur Transfusion benutzt werden kann.

Das Blut ist bekanntermassen aus zelligen und flüssigen Bestandteilen zusammengesetzt; von vornherein ist es also zu erwarten, dass wenn das Blut in vitro aufbewahrt wird, zellige Bestandteile des Blutes zur Erfüllung ihrer Lebensbedingungen auf flüssige Bestandteile irgendwelche Einflüsse ausüben werden, während auch die ersteren andererseits durch Zustandsänderung der letzteren, also der umgebenden Flüssigkeit beeinflusst werden, so dass beide sich unter inniger Wechselbeziehung verändern können. Die Fragestellung mithin, ob und inwieweit das Blut durch Aufbewahrtwerden in vitro in morphologischer, serologischer und chemischer Hinsicht beeinflusst würde, muss heute, wo die Transfusion konservierten Blutes praktische Anwendung findet, als Fundamentalbedingung nun erst recht erforscht werden. Überraschenderweise liegen diesbezügliche Untersuchungen bisher sehr wenig vor.

Über die Veränderungen der Form, Zahl, des Widerstandes und der Senkungsgeschwindigkeit der Erythrozyten sowie über die Phagozytose der Leukozyten, also über Veränderungen, welche sich auf zellige Bestandteile beziehen, liegen die Angaben von Bogdanov,¹⁸⁾ Doepp,¹⁹⁾ Karavanov,²⁰⁾

15) Judin u. Skundina, Wien. med. Wschr., 1934, 817.

16) Yudin, Journ. Amer. Med. Assoc., 1936, 106, 997.

17) Kiguchi, Mitteil. aus der Med. Akad. zu Kioto, 1935, 13, 1097.

18) Bogdanov, Verh. d. i. Konf. f. Bluttransfusion, Leningrad, 1933, 12, 19 (Russisch). (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1934, 68, 330).

19) Doepp, Deutsch. Ztschr. f. Chir., 1934, 243, 736.

20) Karavanov, Nov. chir. Arch., 1934, 32, 87. (Ref. in Zentralorg. f. ges. Chir., 1936, 77, 513).

Oganesjan, Salkind, u. Kudrjavceva,²¹⁾ Blochin,²²⁾ Kiguchi¹⁷⁾ vor. Über das Glutathion, pH und die Immunkörper des Blutes ist die Untersuchung von Kiguchi¹⁷⁾ allein durchgeführt worden, und sehr spärlich ist auch die Zahl der Untersuchungen, die sich mit Veränderungen der chemischen, im Blut enthaltenen Substanzen befassen. Ivachinenko²³⁾ hat wahrgenommen, dass wenn das Menschenblut im Eisschrank aufbewahrt ist, der Blutzucker durch Glykolyse aus sich die Milchsäure entstehen lässt, so dass Reservealkali abnimmt. Kremerman²⁴⁾ sah im Menschenblut, das 12 Tage lang im Eisschrank aufbewahrt war, eine Zunahme des Rest-N. Des weiteren machte Baló²⁵⁾ die Beobachtung, dass im Blut (bei Kaninchen, Gänse, Hund und Menschen), welches bei 37°C luftdicht 72 Std. lang aufbewahrt war, Abnahme des Blutzuckers und Steigerung der H-Ionenkonzentration, also die azidotische Neigung auftrat, und die Ursache hierfür sieht er ausser in der Vermehrung der Milchsäure auch in der Bildung der anorganischen Phosphorsäure.

Das Blut kann eigentlich als ein zirkulierendes Gewebe betrachtet werden, es entsprechen nämlich seine zelligen Elemente den Gewebszellen und das Plasma ist mit der Gewebsflüssigkeit zu vergleichen. Wenn das Blut *in vitro* aufbewahrt ist, so vollzieht sich die Atmung der Blutzellen auf eine bestimmte Zeitspanne, weil diese den Sauerstoff reichlich in sich beibehalten, wobei mancherlei, mit ihren Lebensvorgängen einhergehende Erscheinungen angetroffen werden. Die Bestrebung, derartige Erscheinungen auf verschiedene Richtungen hin zu analysieren, kann deshalb nicht allein zur Frage der Transfusion konservierten Blutes beitragen, sondern sie ist auch für die Erforschung und Erfassung der Lebenserscheinung der Blutzellen, insbesondere aber der pathologischen Physiologie desselben ausserordentlich wichtig.

In vorliegenden Versuchen habe ich mich mit dem Studium über die unter der Zelltätigkeit bekanntesten Vorgänge, also die Zellatmung, die Glykolyse, welche angeblich durch das glykolytische Ferment in Blutzellen bewirkt wird, und über die Permeabilität der Blutzellen sowie über quantitative und qualitative Verhältnisse der mit der Zellfunktion aufs innigste zusammenhängenden Eiweisskörper be-

21) Oganesjan, Salkind u. Kudrjavceva, *Vestn. Chir.*, 1935, **38**, 132 (Russisch). (Ref. in *Zentralorg. f. ges. Chir.*, 1936, **76**, 174).

22) Blochin, *Chirurgija*, 1937, **10**, 51. (Ref. in *Zentralorg. f. gesamt. Chir.*, 1938, **89**, 369).

23) Ivachnenko, *Trudy rostov. med. Inst.*, 1935, **2**, 52. (Ref. in *Zentralorg. f. ges. Chir.*, 1937, **80**, 115).

24) Kremerman, *Eksper. med.*, 1938, **25**, (Ref. in *Kongresszentralbl. f. ges. inn. Med.*, 1938, **97**, 521).

25) Baló, *Pflüger's Arch.*, 1938, **239**, 726.

schäftigt, indem als Versuchsmaterial die den unter normalen und pathologischen Bedingungen befindlichen Kaninchen entnommenen, steril in vitro aufbewahrten Blutproben benutzt wurden.

Die Aufbewahrungsfrist des Blutes wurde auf 10 Tage erstreckt; es wurden die Atmungsfähigkeit aus dem O_2 -Verbrauch, die Glykolyse aus Ab- und Zunahme des Blutzuckers sowie der Milchsäure berechnet, und ferner das Eiweiss wurde durch Ermittlung seiner Konzentrationsänderung und des Ab- und Anstiegs des kolloidosmotischen Drucks auf seine quantitativen und qualitativen Veränderungen geprüft.

Versuchsmethode. Als Versuchsobjekt kam das Kaninchenblut zur Anwendung. Zunächst wurde im nüchternen Zustand das Blut unter streng aseptischen Kautelen aus der A. carotis entnommen und durch energisches Umschütteln defibriniert und dann mit dem Sauerstoff gesättigt. Dieses Blut wurde in 2 Proben geteilt, je 2 ccm von der einen Blutprobe wurden in 6 kleine Glaszylinder, deren jeder von etwa 3,5 ccm Inhalt und mit einem Stöpsel und mit 2 Glasperlchen versehen war, gegeben, worauf jeder Glaszylinder mit sterilisiertem flüssigen Paraffin überschichtet und mit dem Stöpsel luftdicht verschlossen wurde. Von der anderen Blutprobe wurden ebenfalls je 2 ccm in 6 kleine Reagenzröhrchen mit 2 Glasperlchen getan, jedes Reagenzröhrchen wurde ebenfalls mit flüssigem Paraffin überschichtet und luftdicht verschlossen.

Diese 2 Blutproben wurden unter den gleichen Bedingungen im Eisschrank bei $0-5^{\circ}C$ aufbewahrt. Diese Einteilung der Blutproben in 2 Gruppen erfolgte aus dem Grund, weil man mit dem in den Glaszylindern aufbewahrten Blut, also Vollblut die O_2 -Kapazität, den Blutzucker und die Blutmilchsäure zu bestimmen und mit dem in den Reagenzröhrchen aufbewahrten Blut, nach Absonderung des Serums, daran die Bestimmungen von Eiweissgehalt, kolloid-osmotischen Druck und NaCl vorzunehmen beabsichtigte.

Um zunächst Vorwerte festzustellen, wurde an in einem Glaszylinder befindlichem Blut die O_2 -Kapazität mit dem Barcroft's Differential-Blutgasapparat²⁶⁾ bestimmt, während an übrigen Blutportionen dieser Gruppe den Blutzucker nach der Methode von Hagedorn u. Jensens, die Blutmilchsäure mit der von Inawashiro u. Hayasaka²⁷⁾ modifizierten Methode von Anrep u. Cannan bestimmte, und mit dem in einem anderen Reagenzröhrchen aufbewahrten

26) Barcroft, The respiratory function of the blood, Cambridge, 1914.

27) Inawashiro u. Hayasaka, Tohoku Journ. Exp. Med., 1928, 12, 1.

Blut, wurden nach Absonderung des Serums das Serumeiweiss mittels des Pulfrich'schen Eintauchrefraktometers, der kolloid-osmotische Druck (im folgenden kurz als k.o.D. bezeichnet) und der kolloid-osmotische Druck für 1 % Eiweiss (Druck pro %) nach der Methode von Krogh u. Nakazawa²⁸⁾ und das NaCl nach der Rusznyák's Methode gemessen.

An den übrigen, sowohl in Glaszylindern wie auch in Reagenzröhrchen aufbewahrten Blutportionen wurden die Parallelbestimmungen der oben angeführten Grössen in den Zeitabständen von 48, 96, 144, 192 und 240 Std. vorgenommen. Im übrigen wurden die Blutproben in Glaszylindern und Reagenzröhrchen jeden Tag einmal umgeschüttelt, damit Sera und Erythrozyten durchgemischt werden konnten.

I. Versuch am normalen Kaninchenblut.

Es wurden die Bestimmungen an Blutproben, welche 8 gesunden Kaninchen von 1,8–2,4 kg Körpergewicht entnommen und 10 Tage lang aufbewahrt wurden, ausgeführt. Die hierbei gewonnenen Resultate sind in Tab. 1 zusammengestellt, auch in beistehender Fig. 1 sind die Daten mit prozentischer Ab- und Zunahme den Durchschnittswerten nach illustriert.

O₂-Verbrauch: Die Atmung der Erythrozyten vollzieht sich, nach Zunahme der O₂-Unsättigung beurteilt, in Anfangsstadien langsam und dann ziemlich rasch, indem sie in zehntägiger Aufbewahrungsdauer 14,7–27,6%, im Mittel 20,9% des anfangs sich vorfindenden O₂-Gehaltes verbrauchten. Die nähere Verfolgung der O₂-Kapazität ergab, dass sie mit dem Zeitverlauf allmählich um äusserst Geringes abnahm, um schliesslich eine prozentige Abnahme von 1,4–5,5%, im Mittel 2,7% aufzuweisen. Dies deutet zweifelsohne darauf hin, dass das Blut durch die Aufbewahrung am Vermögen, sich mit dem Sauerstoff zu binden, verliert.

Serumeiweiss und k.o.D.: Die Konzentration des Serumeiweisses und der k.o.D. zeigten, abgesehen von geringen Schwankungen in manchen Fällen, im grossen ganzen keine bedeutende Ab- und Zunahme. Mithin änderte sich nichts an Druck pro %. Es lässt sich also sagen, dass bei normalem Blut, welches 10 Tage lang steril aufbewahrt wurde, dessen Eiweiss weder quantitative noch qualitative Veränderung aufweist.

28) Krogh u. Nakazawa, Biochem. Ztschr., 1927, 188, 241.

Serum-NaCl: Fast keine Veränderung war anzutreffen.

Blutzucker und Blutmilchsäure: Im Gegensatz zu Serum-eiweiss, k.o.D. und Serum-NaCl, welche alle fast keine Veränderungen aufwiesen, erfuhr der Blutzucker durch Glykolyse beträchtliche Veränderungen. Der Blutzuckergehalt nämlich verminderte sich mit dem Zeitablauf, wohingegen die Blutmilchsäure vermehrt war. Die Kurve des Blutzuckers fiel im grossen ganzen geradelinig ab, während die Blutmilchsäure in beinahe Gegenbild dazu in die Höhe ging. In 10tägigem Verlauf erfuhr der Blutzucker eine Abnahme von 48,4–70,4%, im Mittel 61,5%, wogegen die Milchsäure in gleicher Zeitspanne eine Zunahme von 27,7–59,0%, im Mittel 45,4% aufwies. Im allgemeinen fand die Zunahme der Milchsäure nicht gerade umgekehrt proportional der Abnahme des Zuckers statt, sondern die Zunahme der ersteren stand derselben des letzteren an Grad mehr oder weniger nach.

Aus obigen Ergebnissen geht hervor, dass im normalen Blut infolge der Aufbewahrung die vermehrte O_2 -Unsättigung des Blutes durch Erythrozytenatmung, die Abnahme des Blutzuckers durch Glykolyse und die damit einhergehende Zunahme der Blutmilchsäure sich einstellen, während das Serumeiweiss und der k. o. D. kaum beeinflusst werden. Die Feststellung, dass die O_2 -Kapazität mit dem Zeitablauf verringert ist, dürfte wahrscheinlich auf den mit vermehrter Milchsäurebildung im Blut einhergehenden pH-Änderungen beruhen.

2. Versuch am azidotischen Blut.

Dass durch die pH-Änderung des Blutes die O_2 -Dissoziationskurve des Blutes sich verändert, ist schon aus früherer Zeit durch Untersuchungen von Bohr, Hasselbalch u. Krogh,²⁹⁾ Barcroft u. Camis,³⁰⁾ Mathison³¹⁾ Oinuma³²⁾ Kato,³³⁾ Momose,³⁴⁾ Yamakita³⁵⁾ u.a. erkannt worden. Dieser Umstand deutet gerade darauf hin, dass die pH-Änderung zwangsläufig einen wesentlichen Einfluss auf den Lebensvorgang der Erythrozyten ausübt. Wie bereits im vorherigen Kapitel besprochen wurde, kommt es auch bei normalem Blut bei langdauernder Aufbewahrung durch vermehrte Milchsäurebildung zu pH-Änderung.

29) Bohr, Hasselbalch u. Krogh, Skandinav. Arch. f. Physiol., 1904, 16, 402.

30) Barcroft u. Camis, Journ. Physiol., 1909–10, 39, 118.

31) Mathison, Ibid., 1911–12, 43, 347.

32) Oinuma, Ibid., 1911–12, 43, 364.

33) Kato, Biochem. Journ., 1915, 9, 393.

34) Momose, Ibid., 1915, 9, 485.

35) Yamakita, Tohoku Journ. Exp. Med., 1921, 2, 290.

Tabelle 1. Bestimmungen

Blut-Nr.	Zeit-ablauf Std.	O ₂ -Un-sättigung %	O ₂ -Kapazität		Serumeiweiss	
			ccm in 100 ccm	Diff. in %	%	Diff. in %
1	vor		18,27		6,55	
	48	0,9	18,12	-0,8	6,55	± 0
	96	2,3	17,98	-1,6	6,55	± 0
	144	5,5	17,77	-2,7	6,55	± 0
	192	11,4	17,56	-3,9	6,56	+0,1
	240	27,6	17,29	-5,4	6,56	+0,1
2	vor		15,50		5,97	
	48	1,6	15,40	-0,6	5,97	± 0
	96	4,3	15,25	-1,6	5,97	± 0
	144	8,4	15,12	-2,4	5,97	± 0
	192	14,6	14,87	-4,1	5,97	± 0
	240	28,0	14,64	-5,5	5,97	± 0
3	vor		18,73		6,34	
	48	1,3	18,68	-0,3	6,34	± 0
	96	3,1	18,65	-0,4	6,34	± 0
	144	6,7	18,53	-1,1	6,35	+0,1
	192	13,0	18,44	-1,5	6,34	± 0
	240	19,4	18,35	-2,0	6,34	± 0
4	vor		19,29		5,68	
	48	1,7	19,19	-0,5	5,68	± 0
	96	4,0	19,11	-0,9	5,68	± 0
	144	6,5	18,98	-1,6	5,68	± 0
	192	14,4	18,86	-2,2	5,68	± 0
	240	24,4	18,76	-2,7	5,68	± 0
5	vor		18,43		5,79	
	48	1,3	18,38	-0,3	5,79	± 0
	96	3,5	18,30	-0,7	5,79	± 0
	144	8,0	18,26	-0,9	5,79	± 0
	192	11,6	18,18	-1,3	5,79	± 0
	240	20,2	18,09	-1,8	5,79	± 0
6	vor		17,90		5,94	
	48	1,4	17,88	-0,1	5,94	± 0
	96	2,3	17,82	-0,4	5,94	± 0
	144	4,6	17,71	-1,1	5,94	± 0
	192	10,0	17,69	-1,2	5,94	± 0
	240	14,7	17,65	-1,4	5,94	± 0
7	vor		17,41		5,77	
	48	1,0	17,37	-0,2	5,77	± 0
	96	1,9	17,32	-0,5	5,77	± 0
	144	3,9	17,29	-0,7	5,77	± 0
	192	7,8	17,18	-1,3	5,77	± 0
	240	16,5	17,14	-1,5	5,77	± 0
8	vor		16,91		6,10	
	48	2,0	16,82	-0,5	6,10	± 0
	96	3,0	16,74	-1,0	6,12	+0,3
	144	5,4	16,71	-1,2	6,10	± 0
	192	12,1	16,66	-1,5	6,10	± 0
	240	18,5	16,63	-1,6	6,10	± 0
Durchschnitt	vor		17,80		6,02	
	48	1,4	17,73	-0,4	6,02	± 0
	96	3,0	17,65	-0,9	6,02	± 0
	144	6,1	17,55	-1,5	6,02	± 0
	192	11,9	17,43	-2,1	6,02	± 0
	240	20,9	17,31	-2,7	6,02	± 0

am normalen Kaninchenblut.

K.o.D.		Druck pro %		Serum-NaCl		Blutzucker		Blutmilchsäure	
mm H ₂ O	Diff. in %	mm H ₂ O	Diff. in %	mg/dl	Diff. in %	mg/dl	Diff. in %	mg/dl	Diff. in %
280		42,7		570		81		25,07	
280	± 0	42,7	± 0	570	± 0	75	- 7,4	27,64	+10,2
280	± 0	42,7	± 0	570	± 0	66	-18,5	30,86	+23,1
280	± 0	42,7	± 0	570	± 0	41	-49,4	32,79	+30,8
280	± 0	42,7	± 0	575	+0,9	32	-60,5	36,64	+46,1
280	± 0	42,7	± 0	575	+0,9	24	-70,4	39,86	+59,0
260		43,5		550		90		32,79	
260	± 0	43,5	± 0	550	± 0	84	- 6,7	36,00	+ 9,8
260	± 0	43,5	± 0	550	± 0	75	-16,7	40,50	+23,5
260	± 0	43,5	± 0	550	± 0	59	-34,4	44,36	+35,3
260	± 0	43,5	± 0	550	± 0	48	-46,7	46,93	+43,1
259	-0,4	43,4	-0,2	550	± 0	34	-62,2	50,76	+54,8
277		43,7		630		115		37,29	
277	± 0	43,7	± 0	630	± 0	104	- 9,6	39,86	+ 6,9
277	± 0	43,7	± 0	630	± 0	95	-17,4	43,07	+15,5
278	+0,4	43,8	+0,2	630	± 0	79	-31,3	47,57	+27,6
277	± 0	43,7	± 0	630	± 0	66	-42,6	52,07	+39,6
277	± 0	43,7	± 0	630	± 0	45	-60,9	57,21	+53,4
248		43,7		520		111		28,29	
248	± 0	43,7	± 0	520	± 0	99	-10,8	30,86	+ 9,1
248	± 0	43,7	± 0	520	± 0	79	-28,8	33,43	+18,2
248	± 0	43,7	± 0	520	± 0	65	-41,4	36,00	+27,2
248	± 0	43,7	± 0	520	± 0	48	-56,7	37,93	+34,1
248	± 0	43,7	± 0	520	± 0	34	-69,4	41,14	+45,4
228		39,4		555		120		32,14	
228	± 0	39,4	± 0	555	± 0	104	-13,3	34,07	+ 6,0
229	+0,4	39,5	+0,2	555	± 0	88	-26,7	36,64	+14,0
228	± 0	39,4	± 0	550	-0,9	68	-43,3	40,50	+26,0
228	± 0	39,4	± 0	555	± 0	57	-52,5	43,71	+36,0
228	± 0	39,4	± 0	555	± 0	43	-64,2	45,64	+42,0
200		33,7		545		113		26,36	
200	± 0	33,7	± 0	540	-0,9	106	- 6,2	28,29	+ 7,3
200	± 0	33,7	± 0	545	± 0	99	-12,4	30,21	+14,6
200	± 0	33,7	± 0	545	± 0	81	-28,3	32,79	+24,4
200	± 0	33,7	± 0	545	± 0	65	-42,5	34,71	+31,7
200	± 0	33,7	± 0	545	± 0	52	-54,0	36,64	+39,0
216		37,4		550		97		31,50	
216	± 0	37,4	± 0	550	± 0	90	- 7,2	33,43	+ 6,1
216	± 0	37,4	± 0	545	-0,9	77	-20,6	35,36	+12,2
216	± 0	37,4	± 0	550	± 0	65	-33,0	37,93	+20,4
216	± 0	37,4	± 0	550	± 0	54	-44,3	41,14	+30,6
216	± 0	37,4	± 0	550	± 0	36	-62,9	44,36	+40,8
259		42,4		540		93		30,21	
259	± 0	42,4	± 0	540	± 0	84	- 9,7	32,14	+ 6,4
259	± 0	42,3	-0,2	540	± 0	72	-22,6	34,07	+12,8
260	+0,4	42,6	+0,5	535	-0,9	63	-32,2	35,36	+17,0
259	± 0	42,4	± 0	540	± 0	54	-41,9	37,29	+23,4
259	± 0	42,4	± 0	540	± 0	48	-48,4	38,57	+27,7
246		40,8		557		102		30,46	
246	± 0	40,8	± 0	557	± 0	93	- 8,9	32,79	+ 7,7
246	± 0	40,8	± 0	557	± 0	81	-20,5	35,52	+16,7
246	± 0	40,8	± 0	556	-0,2	65	-36,7	38,41	+26,1
246	± 0	40,8	± 0	558	+0,2	53	-48,5	41,30	+35,6
246	± 0	40,8	± 0	558	+0,2	39	-61,5	44,27	+45,4

Tabelle
Bestimmungen am

Blut-Nr.	Zeit-ablauf Std.	O ₂ -Un-sättigung %	O ₂ -Kapazität		Serumeiweiss		K.o.D.		Druck pro %	
			ccm in 100 ccm	Diff. in %	%	Diff. in %	mm H ₂ O	Diff. in %	mm H ₂ O	Diff. in %
1	vor		16,57		5,70		249		43,7	
	48	2,1	16,36	-1,3	5,64	-1,0	227	-8,8	40,2	-8,0
	96	5,9	16,25	-1,9	5,68	-0,3	230	-7,6	40,5	-7,3
	144	7,7	15,88	-4,2	5,70	± 0	240	-3,6	42,1	-3,7
	192	9,1	15,54	-6,2	5,70	± 0	240	-3,6	42,1	-3,7
	240	10,6	15,44	-6,8	5,70	± 0	242	-2,8	42,4	-3,0
2	vor		16,48		5,53		219		39,6	
	48	1,2	16,27	-1,3	5,40	-2,3	203	-7,3	37,6	-5,0
	96	4,3	15,98	-3,0	5,49	-0,7	210	-4,1	38,2	-3,5
	144	5,6	15,71	-4,7	5,49	-0,7	213	-2,7	38,8	-2,0
	192	7,6	15,46	-6,2	5,49	-0,7	213	-2,7	38,8	-2,0
	240	8,9	15,21	-7,7	5,51	-0,4	215	-1,8	39,0	-1,5
3	vor		16,17		6,08		235		38,6	
	48	1,6	15,98	-1,2	6,03	-0,8	220	-6,4	36,5	-5,4
	96	2,6	15,71	-2,8	6,03	-0,8	218	-7,2	36,1	-6,5
	144	3,1	15,54	-3,9	6,05	-0,5	223	-5,1	36,8	-4,7
	192	4,6	15,49	-4,2	6,05	-0,5	223	-5,1	36,8	-4,7
	240	5,4	15,45	-4,4	6,05	-0,5	224	-4,7	37,0	-4,1
4	vor		12,59		5,90		232		39,3	
	48	2,2	12,41	-1,4	5,81	-1,5	217	-6,5	37,3	-5,1
	96	3,4	12,23	-2,8	5,79	-1,9	215	-7,3	37,1	-5,6
	144	6,4	12,20	-3,1	5,83	-1,2	220	-5,2	37,7	-4,1
	192	7,3	12,14	-3,6	5,83	-1,2	220	-5,2	37,7	-4,1
	240	9,3	12,06	-4,2	5,86	-0,7	223	-3,9	38,0	-3,3
5	vor		16,30		6,12		235		38,4	
	48	0,5	16,12	-1,1	6,03	-1,5	219	-6,8	36,3	-5,5
	96	2,1	16,03	-1,6	6,05	-1,1	223	-5,1	36,8	-4,2
	144	4,4	15,91	-2,4	6,08	-0,6	230	-2,1	37,8	-1,6
	192	6,3	15,82	-2,9	6,08	-0,6	230	-2,1	37,8	-1,6
	240	7,8	15,72	-3,5	6,08	-0,6	231	-1,7	38,0	-1,0
Durchschnitt	vor		15,62		5,87		234		39,9	
	48	1,5	15,43	-1,3	5,78	-1,4	217	-7,2	37,6	-5,8
	96	3,7	15,24	-2,4	5,81	-1,0	218	-6,3	37,7	-5,4
	144	5,4	15,05	-3,7	5,83	-0,6	225	-3,7	38,6	-3,2
	192	7,0	14,89	-4,6	5,83	-0,6	225	-3,7	38,6	-3,2
	240	8,4	14,78	-5,3	5,84	-0,4	227	-3,0	38,9	-2,6

Daraus kann ohne weiteres gefolgert werden, dass, wenn das Blut unter anderer Bedingung als in vorausgegangener Versuchsanordnung, d.h. dasjenige Blut, dessen pH von vornherein bestimmte Veränderung erfahren hat, aufbewahrt ist, irgendwelche Veränderungen, die von den bei Konservierung des normalen Blutes auftretenden abweichen, aufweisen muss. Aus dieser Überlegung wurden zuerst Versuche am Blut

2.

azidotischen Kaninchenblut.

Serum-NaCl		Blutzucker		Blutmilchsäure		Bemerkungen
mg/dl	Diff. in %	mg/dl	Diff. in %	mg/dl	Diff. in %	
570		97		36,64		
565	-0,8	84	-13,4	40,50	+10,5	pH vor NH ₄ Cl-Gabe 7,39
565	-0,8	74	-23,7	45,00	+22,8	
565	-0,8	68	-29,9	50,76	+38,5	pH nach NH ₄ Cl-Gabe 7,34
565	-0,8	59	-39,2	55,29	+50,9	
565	-0,8	50	-48,4	59,14	+61,4	
600		145		37,93		
590	-1,6	132	- 9,0	42,43	+11,9	pH vor NH ₄ Cl-Gabe 7,37
590	-1,6	115	-20,7	47,57	+25,4	
590	-1,6	106	-26,9	53,36	+40,7	pH nach NH ₄ Cl-Gabe 7,34
595	-0,8	92	-36,5	59,79	+57,6	
595	-0,8	75	-48,3	64,29	+69,5	
610		138		31,50		
605	-0,8	124	-10,1	34,71	+10,2	pH vor NH ₄ Cl-Gabe 7,37
605	-0,8	115	-16,7	39,86	+26,5	
605	-0,8	106	-23,2	44,36	+40,8	pH nach NH ₄ Cl-Gabe 7,32
605	-0,8	99	-28,3	45,64	+44,9	
605	-0,8	86	-37,6	49,50	+57,1	
615		141		32,14		
605	-1,6	127	- 9,9	36,00	+12,0	pH vor NH ₄ Cl-Gabe 7,36
605	-1,6	117	-17,0	39,21	+22,0	
605	-1,6	108	-23,3	44,36	+38,0	pH nach NH ₄ Cl-Gabe 7,30
610	-0,8	95	-32,6	48,21	+50,0	
610	-0,8	86	-39,1	52,71	+64,0	
550		101		28,93		
540	-1,8	92	- 8,9	32,79	+13,3	pH vor NH ₄ Cl-Gabe 7,38
540	-1,8	86	-14,8	37,29	+28,9	
545	-0,9	77	-23,8	39,86	+37,8	pH nach NH ₄ Cl-Gabe 7,34
545	-0,9	70	-30,6	42,43	+46,7	
545	-0,9	61	-39,6	44,36	+53,3	
589		124		33,43		
581	-1,3	112	-10,3	37,29	+11,6	pH vor NH ₄ Cl-Gabe 7,37
581	-1,3	101	-18,6	41,79	+25,1	
582	-1,1	93	-25,4	46,54	+39,2	pH nach NH ₄ Cl-Gabe 7,33
584	-0,8	83	-33,4	50,27	+50,0	
584	-0,8	72	-42,6	54,00	+61,1	

des experimentell azidotisch gemachten Kaninchens angestellt. Hierbei wurde die Azidose mild und schwach erzeugt.

Es wurde nämlich einem normalen Kaninchen von 1,9-2,2 kg Körpergewicht morgens nüchtern eine 5%ige Lösung von Ammoniumchlorid in Mengen von 3 ccm pro kg Körpergewicht intravenös verabreicht. Diese Prozedur wurde jeden Tag wiederholt, und am dritten

Fig. 1. Bestimmungen am normalen Kaninchenblut.
(Durchschnittswerte)

Fig. 2. Bestimmungen am azidotischen Kaninchenblut.
(Durchschnittswerte)

Tag der Injektion wurde 10 Minuten post injectionem die Blutentnahme vorgenommen, an diesem Blut wurde Versuch ausgeführt. Die hier eingetretene Azidose war von schwachem Grade. Wie aus Tab. 2 ersichtlich, wurde z.B. pH des Blutes in Versuch 1 von 7,39 auf 7,34, in Versuch 4 von 7,36 auf 7,30 herabgesetzt.

Zu Messungen von Blut-pH wurde der Mislowitzer's Potensiometer benutzt, wobei die Chinhydronelektrode in Form der Mislowitzer's Spritze in der Modifikation von Nakazawa und Sato³⁶⁾ verwendet wurde (Tab. 2 und Fig. 2).

36) Sato, Tohoku Journ. Exp. Med., 1931-32, 18, 576.

O₂-Verbrauch: Der O₂-Verbrauch der Erythrozyten vollzog sich in der ersten Hälfte der Aufbewahrungsdauer, d.h. bis zum 5.–6. Tag im annähernd normalen Grad, von der zweiten Hälfte an ging er nicht so intensiv vonstatten, so dass nach 10 Tagen nur 5,4–10,6%, im Durchschnitt nur 8,4% des anfänglichen O₂-Gehaltes verbraucht wurden. Diese Zifferzahl war dem normalen Blut gegenüber ausserordentlich verringert. O₂-Kapazität des Blutes war mit dem Zeitablauf zur Herabsetzung geneigt, nach 10 Tagen wurde eine Abnahme von 3,5–7,7%, durchschnittlich 5,3% angetroffen, die grösser als in der Norm war. Es hat sich also herausgestellt, dass die Lebensfähigkeit der Erythrozyten bei der Azidosis herabgesetzt ist.

Serumeiweiss und k. o. D.: Zeitliche Verfolgung der Konzentrationsänderung des Serumeiweisses ergab, dass es in der Aufbewahrungsdauer von 48 bzw. 96 Std. stets eine, wenn auch geringfügige Verminderung erfuhr. Nach dieser Zeit kam das Serumeiweiss entweder zum Anfangswert zurück, oder beharrte bei vermindertem Wert. Auch der k. o. D. wurde nach Ablauf von 48–96 Std. deutlich erniedrigt gefunden, von dieser Zeit an rückte er mit dem Zeitablauf mehr oder minder an das Anfangsniveau heran, erreichte dennoch dasselbe nicht. Immerhin erfolgte die Erniedrigung des k. o. D. deutlicher als die Abnahme des Eiweisses. Mithin sank Druck pro % im Ablauf von 48–96 Std. auffallend, so dass er selbst nach 240 Std. zum Anfangswert nicht wieder zurückkam.

Nach dem oben erwähnten Ergebnis erfährt das Serumeiweiss bei 48–96stündiger Aufbewahrung unverkennbar eine geringfügige Abnahme. Die Tatsache, dass hierbei eine weitgehend stärkere Erniedrigung des k. o. D. mit der Konsequenz der Herabsetzung des Drucks pro % auftritt, spricht offenbar dafür, dass am Serumeiweiss nicht allein quantitative, sondern auch qualitative Veränderungen sich abspielen, daraus kann also ohne weiteres geschlossen werden, dass die Molekularaggregate des Bluteiweisses nach grob disperser Seite hin verschoben worden sind.

Serum-NaCl. Dieser Blutbestandteil erfuhr durch Aufbewahrung eine Abnahme, die allerdings mit einem Prozentsatz von 0,8–1,8% zwar geringgradig, dennoch ohne Ausnahme erfolgte und zudem in 48stündiger Aufbewahrungsdauer noch meistens 0,8–1,8%, im Mittel 1,3% betrug oder um ein Geringes verringert war. Darnach scheint das Serum-NaCl im azidotischen Blut in den ersten Stunden der Aufbewahrung mehr oder weniger abzunehmen und zumeist bei der verringerten Konzentration zu beharren.

Blutzucker und Blutmilchsäure: Während der Blutzucker im normalen Blut einen Wert von 81–120 mg/dl, durchschnittlich 102 mg/dl aufgewiesen hatte, wurde er im azidotischen Blut zu einem Wert von 97–145 mg/dl, im Mittel von 124 mg/dl ermittelt; durch Azidosis erfuhr er also eine Erhöhung. Was glykolytische Vorgänge des Blutes anbelangt, erfolgte die Blutzuckerabnahme bis zu den ersten 48–96 Stunden nicht so sehr verschieden von der Norm; von diesem Zeitpunkt an aber nicht so rasch wie im normalen Blut, weshalb die Glykolyse in der zweiten Hälfte der Aufbewahrung der Norm gegenüber gewissermassen verzögert war. Die Zuckerabnahme in der Aufbewahrungsdauer von 240 Std. betrug nämlich dem Anfangswert gegenüber 37,6–48,4%, im Mittel 42,6%; im Vergleich mit einer Abnahme von 48,4–70,4%, durchschnittlich 61,5% in der Norm war also die eben angeführte Abnahme ziemlich geringfügig. Da im azidotischen Blut der Blutzucker schon vom Anfang an höhere Werte aufwies, war die Zuckerabnahme, auch dem absoluten Wert nach, der Norm gegenüber geringfügig. Demnach scheint die Glykolyse durch Azidosis einigermassen gehemmt zu werden.

Auch die Blutmilchsäure schien scheinbar mehr oder weniger höhere Werte als beim Normalen aufzuweisen, bei näherer Betrachtung an den einzelnen Fällen ergab sich jedoch, dass das nicht immer der Fall war. Jedenfalls lässt sich also sagen, dass die Milchsäure im ganzen genommen innerhalb der normalen Schwankungsbreite liegt. Die Zunahme der Milchsäure, welche mit Zuckerabnahme einherging, vollzog sich rascher als in der Norm und zwar derart, dass die Milchsäure nach 24 Std. der Aufbewahrung eine prozentische Zunahme von 53,3–69,5%, durchschnittlich 61,1% aufwies, eine Zunahme, welche im allgemeinen grösser war als die Zunahme von 27,7–59,0%, im Mittel 45,4% in der Norm.

Die hier entrollte Tatsache, dass während die Abnahme des Zuckers, also die Glykolyse in etwas geringerem Masse als in der Norm statfand, die Milchsäure, ein Produkt der Glykolyse in höherem Grad als normal erfolgte, fällt uns auf den ersten Blick ziemlich befremdend auf, und die Erklärung dafür fällt uns vorderhand sehr schwer. Diese scheinbar widerspruchsvolle Tatsache könnte sich dennoch erklären lassen, wenn man sich folgendermassen vorstellt: Wenn die Glykolyse im normalen Blut sich vollzieht, wird der Zucker, über die Zwischenprodukte, bei unzureichendem Oxydationsprozesse in die Milchsäure, aber bei hinreichender Oxydation endlich in CO_2 und H_2O gespalten, wobei ein Anteil des Zuckers entweder als Substanzen der Zwischen-

stufe im Blut verbleibt oder durch Sauerstoff in CO_2 und H_2O umgewandelt wird; es geht der gespaltene Zuckeranteil keineswegs zur Gänze in die Milchsäure über.

Bei der Azidosis hingegen dürfte der Zuckeranteil, welcher sich durch oxydative Spaltung entweder zuerst in intermediäre Produkte übergeht und als solche verbleibt oder in CO_2 und H_2O umgewandelt wird, sich verringern, wogegen derjenige Anteil, der in die Milchsäure gespalten wird, überwiegen mag. Bei der Azidosis ist allenfalls die Oxydation des Blutes gehemmt, was sich auch durch die Erniedrigung der O_2 -Dissoziationskurve verrät.

Kurzum, im azidotischen Blut ist der O_2 -Verbrauch der Erythrozyten herabgesetzt, und bei Aufbewahrung desselben nimmt die O_2 -Kapazität ab. Dass bei Azidose der O_2 -Verbrauch vermindert ist, ist bereits von Chvostec,³⁷⁾ Loewy u. Münzer,³⁸⁾ Koehler u. Raymond,³⁹⁾ Ito,⁴⁰⁾ Konishi,⁴¹⁾ Hamanaka⁴²⁾ u.a. erkannt worden. Die Herabsetzung der O_2 -Kapazität ist, wie oben geschildert, offenbar auf die Abnahme des pH zurückzuführen.

Das Eiweiss des Blutserums nimmt in den ersten Stadien der Aufbewahrung ab, nähert sich nachher dem Ursprungswert, ohne jedoch denselben je erreicht zu haben. K. o. D. erniedrigt sich viel deutlicher als die Eiweissabnahme. Mithin senkt sich Druck pro % ausgesprochen. Das oben angeführte Verhalten des Blutserums deutet also darauf hin, das Eiweiss des Blutserums quantitativ ein wenig abnimmt, in qualitativer Hinsicht aber die Eiweissteilchen mit grösseren Molekularaggregaten relativ zunehmen. Da alles, was oben geschildert worden ist, sich im geschlossenen Medium abspielt, so soll sich bei der Abnahme der Serumeiweisskonzentration der Abtransport des Eiweisses auf das Innere der Erythrozyten beschränken. Dies dürfte wahrscheinlich daran liegen, dass ein Teil der kleineren mehr osmoaktiven Eiweissteilchen des Serums in die in ihrer Permeabilität gesteigerten Erythrozyten übergegangen ist.

Auch NaCl scheint gewissermassen aus dem Serum in die Blutzellen überzugehen.

Die Vermehrung des Erythrozytenvolumens bei Azidose ist von

37) Chvostec, Centralbl. f. klin. Med., 1893, 14, 329.

38) Loewy u. Münzer, Biochem. Ztschr., 1923, 134, 437.

39) Koehler u. Raymond, Journ. Biol. Chem., 1925, 64, 739.

40) Ito, Tohoku Journ. Exp. Med., 1926-27, 8, 75.

41) Konishi, Nippon Naikagakkai Zassi, 1931-32, 19, 707.

42) Hamanaka, Mitteil. aus der Med. Akad. zu Kioto, 1936, 18, 1.

Ege,⁴³⁾ Mori,⁴⁴⁾ erwiesen worden. Nach Untersuchungen von Oisi⁴⁵⁾ an hiesiger Klinik müssen sicherlich in den Erythrozyten 6mal so viel Eiweisskörper, insbesondere das Albumin, als die Eiweisskörper im Plasma enthalten sein. Wenn das zuvor azidotisch gemachte Blut längere Zeit aufbewahrt wird, treten die Veränderungen von pH in weitaus stärkerem Grad als im normalen Blut zutage; es dürfte sich also hierbei höchstwahrscheinlich um eine Vergrösserung des Erythrozytenvolumens durch die Quellung des in den Erythrozyten enthaltenen Eiweisses handeln, wobei auch ausserdem das Eiweiss und NaCl samt dem Wasser vom Serum in die Erythrozyten übergehen dürften.

Die Erniedrigung des Drucks pro % des Serumeiweisses ist wahrscheinlich ein Beweis dafür, dass kleine, osmoaktive Eiweissteilchen verhältnismässig mehr in die Erythrozyten übergegangen sind. Ferner muss man bei den Veränderungen der Eiweissfraktionen im Serum der eventuellen Umwandlung des Albumins ins Globulin im Seruminnern Rechnung tragen. Von Moll,⁴⁶⁾ Rusznyák,⁴⁷⁾ Ozawa⁴⁸⁾ ist bereits darauf hingewiesen worden, dass unter Einwirkungen von Säuren, Alkalien oder Wärme und dgl. im Serum, auch in vitro, die Verschiebung der Eiweissfraktionen zustande kommt.

Obwohl die Glykolyse im azidotischen Blut anscheinend in geringerem Grad als in der Norm vor sich geht, ist die Milchsäurebildung, aus oben angeführten Gründen, im Verhältnis zur Glykolyse gross. Der Blutzuckerspiegel bei der Azidose ist gewissermassen höher als in der Norm, was damit in Einklang steht, dass seitdem Naunyn⁴⁹⁾ als erster bei der Azidose das Auftreten der Glykosurie fand, dieselbe von Sato,⁵⁰⁾ Ozawa, Aikawa u. Arakawa,⁵¹⁾ Fujie u. Tsuneto⁵²⁾ u.a. übereinstimmend erkannt worden ist.

3. Versuch am alkalotischen Blut.

Demnächst wurde Versuch am Blut mit verminderter Wasserstoffionenkonzentration, also am alkalotischen Blut durchgeführt. Das

43) Ege, *Biochem. Ztschr.*, 1922, **130**, 136.

44) Mori, *Zikken Shokakibyogaku*, 1929, **4**, 589.

45) Oisi, *Nippon Naikagakkai Zassi*, 1937-38, **25**, 428.

46) Moll, *Hofmeister's Beiträge z. chem. Physiol. u. Path.*, 1904, **4**, 563.

47) Rusznyák, *Biochem. Ztschr.*, 1923, **140**, 179.

48) Ozawa, *Fukuoka Ikadaigaku Zassi*, 1926, **19**, 701.

49) Naunyn, *Nothnagel's Handbuch*, Wien 1900, **7**, 1. Hälfte.

50) Sato, *Nippon Naikagakkai Zassi*, 1921-22, **9**, 136.

51) Ozawa, Aikawa u. Arakawa, *Ibid.*, 1921-22, **9**, 139.

52) Fujie u. Tsuneto, *Chugai Ijishimpo*, 1925, 767.

Verfahren bestand darin, dass man einem normalen Kaninchen von 1,8–2,0 kg Körpergewicht morgens nüchtern 3 g Natrium bicarbona port kg Körpergewicht in 20 ccm Aq. dest. gelöst, mittels Schlundsonde in den Magen einführte. Nach dreitägiger Verabreichung wurde 30 Minuten nach letzter Darreichung das Blut entnommen und zum Versuch benutzt. Nach obiger Behandlung wurde das pH des Blutes deutlich nach alkalotischer Seite hin verschoben. Es wurde z.B. pH von 7,37 auf 7,44, pH von 7,39 auf 7,47 erhöht. Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 3 zusammengestellt. Fig. 3 gibt prozentische Ab- und Zunahmen in Durchschnittswerten an.

O₂-Verbrauch: Der O₂-Verbrauch während der Aufbewahrungsdauer war im ganzen genommen deutlich kleiner als in der Norm. Im Vergleich mit demselben bei Azidosis war er aber, auch den einzelnen Ziffern nach, einigermaßen gross. Der O₂-Verbrauch im Ablauf von 240 Std. betrug nämlich 9,6–14,1%, im Mittel 11,7% des Anfangswertes. Die Abnahme der O₂-Kapazität in 240-stündiger Aufbewahrungsdauer betrug 1,2–2,5%, im Durchschnitt 2,0%. Diese Zifferzahl war deutlich kleiner als bei der Azidosis. Gegenüber der Norm zeigte sie, den einzelnen Ziffern nach, keinen grossen Unterschied. Daraus ist also zu ersehen, dass im alkalotischen Blut der O₂-Verbrauch gegenüber der Norm herabgesetzt ist, während die Abnahme der O₂-Kapazität im grossen und ganzen im Bereich des Normalen liegt.

Serumeiweiss und k. o. D.: Serumeiweiss zeigte zwar geringe Schwankungen, doch kein eindeutiges Bild in bezug auf die Ab- und Zunahme. K. o. D. zeigte in den ersten Stadien der Aufbewahrung meistens mehr oder weniger Erniedrigung und kam in der zweiten Hälfte der Aufbewahrung gewissermaßen zum Ursprungswert zurück, ohne jedoch denselben vollkommen erreicht zu haben. Diese Erniedrigung war zwar geringgradig, darf dennoch deshalb keineswegs ausser Acht gelassen werden, weil sie stets ohne einen einzigen Ausnahmefall erfolgte. Da, während das Serumeiweiss nicht so erhebliche Veränderung erfuhr, der k. o. D. ohne Ausnahme eine Erniedrigung aufwies, sank Druck pro % deutlich ab, der Abnahme des k. o. D. beinahe parallel gehend.

Serum-NaCl: Hier erfolgte eine, wenn auch geringgradige Abnahme ohne Ausnahme. Die prozentische Abnahme betrug 1,0–2,0%, welche Abnahme im ersten oder mittleren Stadium der Aufbewahrung angetroffen wurde.

Blutzucker und Blutmilchsäure: Der Blutzuckerspiegel schien bei der Alkalosis mehr oder weniger höher zu sein, aber nicht so

Tabelle
Bestimmungen am

Blut-Nr.	Zeit-ablauf Std.	O ₂ -Un-sättigung %	O ₂ -Kapazität		Serumeiweiss		K.o.D.		Druck pro %	
			cem in 100 cem	Diff. in %	%	Diff. in %	mm H ₂ O	Diff. in %	mm H ₂ O	Diff. in %
1	vor		18,04		5,60		213		38,0	
	48	0,9	18,00	-0,2	5,58	-0,3	203	-4,7	36,4	-4,2
	96	2,3	17,97	-0,4	5,58	-0,3	205	-3,7	36,7	-3,4
	144	4,2	17,87	-0,9	5,60	± 0	210	-1,4	37,5	-1,3
	192	7,5	17,65	-2,2	5,60	± 0	210	-1,4	37,5	-1,3
	240	14,1	17,58	-2,5	5,60	± 0	210	-1,4	37,5	-1,3
2	vor		19,42		5,47		225		41,1	
	48	0,4	19,40	-0,1	5,47	± 0	220	-2,2	40,2	-2,1
	96	1,3	19,36	-0,3	5,47	± 0	223	-0,9	40,8	-0,7
	144	4,4	19,27	-0,8	5,47	± 0	223	-0,9	40,8	-0,7
	192	5,7	19,22	-1,0	5,47	± 0	223	-0,9	40,8	-0,7
	240	10,9	19,19	-1,2	5,47	± 0	223	-0,9	40,8	-0,7
3	vor		17,61		5,75		218		37,9	
	48	0,9	17,49	-0,7	5,75	± 0	218	± 0	37,9	± 0
	96	1,9	17,41	-1,1	5,72	-0,5	215	-1,4	37,6	-0,8
	144	4,8	17,40	-1,2	5,72	-0,5	215	-1,4	37,6	-0,8
	192	7,8	17,34	-1,5	5,75	± 0	217	-0,4	37,7	-0,5
	240	12,0	17,28	-1,9	5,75	± 0	217	-0,4	37,7	-0,5
4	vor		16,98		5,54		203		37,5	
	48	1,0	16,91	-0,4	5,54	± 0	205	-1,4	37,0	-1,3
	96	2,5	16,79	-1,1	5,54	± 0	205	-1,4	37,0	-1,3
	144	5,2	16,78	-1,2	5,51	-0,5	203	-2,4	36,8	-1,9
	192	8,7	16,73	-1,5	5,51	-0,5	203	-2,4	36,8	-1,9
	240	12,0	16,59	-2,3	5,54	± 0	205	-1,4	37,0	-1,3
5	vor		18,68		5,58		210		37,6	
	48	0,9	18,60	-0,4	5,58	± 0	208	-0,9	37,3	-0,8
	96	1,8	18,54	-0,7	5,56	-0,3	206	-1,9	37,0	-1,5
	144	4,4	18,47	-1,1	5,56	-0,3	206	-1,9	37,0	-1,5
	192	7,8	18,39	-1,5	5,56	-0,3	208	-0,9	37,4	-0,5
	240	9,6	18,30	-2,0	5,56	-0,3	208	-0,9	37,4	-0,5
Durchschnitt	vor		18,14		5,59		215		38,4	
	48	0,8	18,08	-0,4	5,58	-0,1	211	-1,8	37,8	-1,7
	96	2,0	18,01	-0,7	5,57	-0,2	211	-1,8	37,8	-1,7
	144	4,6	17,96	-1,0	5,57	-0,2	211	-1,8	37,9	-1,2
	192	7,5	17,86	-1,5	5,58	-0,1	212	-1,2	38,0	-1,0
	240	11,7	17,78	-2,0	5,58	-0,1	213	-1,0	38,1	-0,9

bemerkbar höher als in der Norm. Die mit dem Zeitablauf erfolgte Abnahme war grösser als bei der Azidosis und beinahe gleich gross wie in der Norm. Die Blutzuckerabnahme nämlich, welche in einer Aufbewahrungsdauer von 240 Std. zustande kam, betrug 65,8-70,0%, im Durchschnitt 68,1%.

Die Blutmilchsäure zeigte vor der Aufbewahrung im grossen und

3.

alkalotischen Kaninchenblut.

Serum-NaCl		Blutzucker		Blutmilchsäure		Bemerkungen
mg/dl	Diff. in %	mg/dl	Diff. in %	mg/dl	Diff. in %	
500		115		29,57		
490	-2,0	101	-12,2	32,14	+ 8,7	pH vor NaHCO ₃ -Gabe 7,39
490	-2,0	86	-25,2	34,71	+17,4	
495	-1,0	66	-42,6	36,64	+23,9	pH nach NaHCO ₃ -Gabe 7,47
495	-1,0	50	-56,5	38,57	+30,4	
495	-1,0	36	-68,7	40,50	+37,0	
490		122		31,50		
490	± 0	106	-13,1	33,43	+ 6,1	pH vor NaHCO ₃ -Gabe 7,37
485	-1,0	90	-26,2	36,00	+14,3	
485	-1,0	74	-39,3	37,93	+20,4	pH nach NaHCO ₃ -Gabe 7,44
485	-1,0	57	-53,3	39,86	+26,5	
485	-1,0	39	-68,0	41,79	+32,7	
510		129		32,79		
510	± 0	115	-10,8	35,36	+ 7,8	pH vor NaHCO ₃ -Gabe 7,39
500	-1,9	95	-26,3	37,29	+13,7	
500	-1,9	79	-38,7	39,21	+19,6	pH nach NaHCO ₃ -Gabe 7,43
500	-1,9	59	-54,3	40,50	+23,5	
505	-0,9	39	-70,0	43,07	+31,3	
485		120		28,93		
480	-1,0	102	-15,0	31,50	+ 8,9	pH vor NaHCO ₃ -Gabe 7,39
480	-1,0	83	-30,8	34,07	+17,8	
480	-1,0	68	-43,3	37,29	+28,9	pH nach NaHCO ₃ -Gabe 7,44
480	-1,0	54	-55,0	40,50	+40,0	
480	-1,0	41	-65,8	42,43	+46,7	
480		119		30,86		
480	± 0	102	-14,3	32,14	+ 4,1	pH vor NaHCO ₃ -Gabe 7,39
470	-2,0	81	-31,9	34,71	+12,5	
470	-2,0	61	-48,7	37,29	+20,8	pH nach NaHCO ₃ -Gabe 7,43
475	-1,0	48	-59,7	40,50	+31,2	
475	-1,0	38	-68,1	43,07	+39,6	
493		121		30,73		
491	-0,6	105	-13,1	32,91	+ 7,1	pH vor NaHCO ₃ -Gabe 7,39
485	-1,6	87	-28,1	35,36	+15,1	
486	-1,4	70	-42,5	37,67	+22,7	pH nach NaHCO ₃ -Gabe 7,44
487	-1,2	54	-55,8	39,99	+30,3	
483	-1,0	38	-68,1	42,17	+37,5	

ganzen annähernd gleiche Werte, wie in der Norm und bei der Azidosis; gleichwohl ist hier bemerkenswert, dass die Zunahme der Milchsäure, welche mit dem Zeitablauf erfolgte, in einer Aufbewahrungsdauer von 240 Std. 31,3-46,7%, im Durchschnitt 37,5% ausmachte. Auch den einzelnen Zifferzahlen nach beurteilt, erwies sich die Zunahme der Milchsäure im allgemeinen im Vergleich sowohl mit der Norm, wie

Fig. 3. Bestimmungen am alkalotischen Kaninchenblut.
(Durchschnittswerte)

auch mit der Azidosis, als geringergradig als die Abnahme des Zuckers. Es dürfte dies wahrscheinlich dahin gedeutet werden, dass im alkalotischen Blut der Zuckeranteil, der bei der Zuckerspaltung durch Glykolyse nicht bis in die Milchsäure umgewandelt wird, sondern als deren Zwischenstufe verbleibt oder anderweitig verarbeitet wird, vermehrt ist.

Kurzum, auch im alkalotischen Blut vollzieht sich bei der Konservierung ein Eiweissaus-tausch zwischen Blutzellen und Serum. Aller Wahrscheinlichkeit nach dürften relativ kleinere Eiweissteilchen des Serums teilweise in die Blutzellen eintreten, wobei auch zugleich mehr oder weniger grössere Eiweissteilchen ein wenig aus den Zellen in das Serum mobilisiert werden. Andererseits aber scheint ein Teil des Serumeiweisses schon in vitro, wie oben im Abschnitt über die Azidosis angedeutet wurde, im Serum selbst eine Verschiebung der Eiweissfraktionen zu erleiden; indem das Albumin zum Teil ins

Globulin umgewandelt wird. Daraus folgt höchstwahrscheinlich, dass obwohl das Serumeiweiss an sich keine bemerkbare Mengenschwankungen aufweist, im Serum eine Verschiebung der Eiweissfraktionen nach grobdispenser Seite hin auftritt, wodurch relative Zunahme der grobmolekulären Eiweissteilchen stattfindet und somit Erniedrigungen des k. o. D. sowie Drucks pro % zustande kommen. Auch das NaCl tritt, wenn auch in geringen Mengen, in die Blutzellen hinein. Zwar geht die Glykolyse in gleicher Intensität wie in der Norm vor sich, die Zunahme der Milchsäure ist aber im Vergleich zur Norm geringfügig.

Zusammenfassung.

Es wurden normales sowie azidotisches bzw. alkalotisches Blut nach Defibrinierung 10 Tage lang im Eisschrank aufbewahrt. An jedem Blut wurden die Veränderungen des O_2 -Verbrauchs von Erythrozyten, der Serumeiweisskonzentration, des kolloid-osmotischen Drucks (k. o. D.), Serum-NaCl und der Glykolyse untersucht.

1. Im normalen Blut verbrauchten die Erythrozyten 14,7–27,6%, im Durchschnitt 20,9% des ursprünglichen O_2 -Gehaltes. Die O_2 -Kapazität des Blutes nimmt ein wenig ab. An Serumeiweiss, k. o. D. und Serum-NaCl sind keine erheblichen Veränderungen nachzuweisen. Die Glykolyse tritt deutlich zutage, und zwar derart, dass der Blutzucker um 48,4–70,4%, im Mittel um 61,5% des Anfangswertes vermindert ist, wogegen die Milchsäure eine Zunahme von 27,7–59,0%, durchschnittlich 45,4% erfährt.

2. Im azidotischen Blut ist der O_2 -Verbrauch der Erythrozyten der Norm gegenüber herabgesetzt, wobei auch die Abnahme der O_2 -Kapazität grösser als im normalen Blut ist. Serumeiweiss nimmt ab, auch k. o. D. erniedrigt sich; und da die Erniedrigung des letzteren stärker als die Abnahme des ersteren ist, sinkt Druck pro ‰ ab. Auch Serum-NaCl vermindert sich. Die Glykolyse geht der Norm gegenüber einigermassen verzögert vonstatten, die Zunahme der Milchsäure jedoch ist grösser als in der Norm.

3. Im alkalotischen Blut ist der O_2 -Verbrauch der Erythrozyten im Vergleich zur Norm herabgesetzt, die O_2 -Kapazität nimmt aber in annähernd gleichem Masse wie in der Norm ab. Da beim Ausbleiben der Abnahme des Serumeiweisses der k. o. D. sich um ein Geringes erniedrigt, sinkt Druck pro ‰ ab. Serum-NaCl erfährt eine Abnahme. Die Glykolyse vollzieht sich ohne wesentliche Abweichung von der Norm, die Zunahme der Milchsäure ist indessen kleiner als in der Norm.