Studien über den Gaswechsel der Netzhaut der Ratte.

(Nach den Versuchen von M. Takano*)

Von

Sakuji Kodama.

(小玉作治)

(Aus dem Physiologischen Institut, Kumamoto
Medizinische Fakultät, Kumamoto.)

Wegen der Zartheit der Netzhaut des Warmblüters, welche man¹⁾²⁾³⁾ im allgemeinen als starke Glykolyse in vitro zum Ausdruck kommend annehmen will, ist es nicht ganz leicht, den normalen Gaswechsel derselben in vitro zu beobachten.

Systematische Untersuchungen über Lichtwirkung auf die Netzhaut des Warmblüters sind, so weit wir wissen, nicht versucht worden trotz der Wichtigkeit und Interessantheit dieses Problems. Takano's Arbeiten wurden in der Absicht unternommen, diese Lücke auszufüllen.

Methoden.

Die Methodik der Messung der Netzhautatmung war prinzipiell die der verbesserten Warburg'schen.⁴⁾

Dass die Netzhaut Ammoniak bilden kann, wurde von Warburg, Posener und Negelein¹⁾ und später Rösch und Kamp⁵⁾, und Rösch⁶⁾ bestätigt. Die letzteren Forscher haben diese Bildung nach der Belichtung stark vermehrt gefunden. Um ein mögliches Ausweichen dieses Ammoniaks aus dem Gewebe in den Gasraum aus-

* M. Takano, Acta Soc. Ophthal. Jap., 1934, 38, 1307; 1935, 39, 162, 215 (Jap.).

1) Warburg, O., K. Posener und E. Negelein, Biochem. Z., 1924, 152, 309 (331).

2) Kubowitz, F., ibid., 1929, 204, 476.

3) Oguchi, T., Acta Soc. Ophthal. Jap., 1932, 36, 1210 (Jap.).

4) Warburg, O., Biochem. Z., 1924, 152, 51.

5) Rösch, H. und W. T. Kamp, Hoppe-Seylers Z., 1928, 175, 158.

6) Rösch, H., ibid. 1930, 186, 237.

zuschalten, was natürlich die Rechnung der Atmung stört, wurde 0,25 ccm normale HCl-Lösung zur Absorption dieses Gases in dem Anhang eingefüllt.

Die weisse Ratte wurde für den Versuch benutzt. Wenn die Netzhaut im Hellraum herausgenommen wird, erweist sie sich natürlich farblos und zur Atmungsmessung ungeeignet, weil sie in vielen Fällen keine Atmung, sogar häufig paradoxe Resultate wie bei dem Nebennierengewebe zeigt. Um möglichst einen konstanten Zustand der Netzhaut bei dem Herauspräparieren zu erreichen, wurde das Tier vom vorhergehenden Tage im Dunkelraum gehalten, und schnell wurde vor dem Experiment die Netzhaut aus dem enukleierten Augapfel unter ganz schwachem rotem Licht möglichst schonend in Ringerlösung präpariert. Dabei wurde die Ringerlösung nicht wie bei Warburg, Posener und Negelein warm erhalten.

Zwei Netzhäute beider Augen wurden je auf zwei Manometer verteilt. Die Ringerlösung für den Versuch wurde wie bei Okamoto,⁷⁾ aber ohne Sterilisation, hergestellt. Die Versuchstemperatur war 38°C.

I. Gaswechsel der Netzhaut im Hell- und Dunkelraum.

Der Gaswechsel der im Dunkeln herauspräparierten Netzhaut in Hellraum (Sonnenlicht) ist in Tabelle 1 gezeigt.

Wenn man dieses Resultat mit demjenigen von Warburg, Posener und Negelein¹⁾ vergleicht, welches vielleicht das einzige vergleichbare Protokoll ist, findet man viel geringeren Gaswechsel in unserem Fall (halb so gross wie bei dem ihrigen). Innerhalb andert-halb Stunden war der Gaswechsel fast unverändert. Leider wurde die Helligkeit des Raums beim Versuch nicht gemessen. Zufällig vielleicht ist unser Resultat mit der Ratte sehr ähnlich wie dasjenige von Weinstein⁸⁾ mit dem Hund.

Der Gaswechsel im Dunkeln wurde im ganz lichtdicht gehaltenen Thermostat im Dunkelraum gemessen; dabei wurden die Manometerschläge unter ganz schwachem rotem Licht gelesen (Tabelle 1).

Sowohl der Sauerstoffverbrauch wie auch die aerobe Glykolyse war in den ersten 30 Minuten viel grösser als im Hellraum, aber der erstere fiel relativ rasch ab von den zweiten 30 Minuten an und näh-

7) Okamoto, Y., *Biochem. Z.*, 1925, **160**, 52.

8) Weinstein, P., *Graefes Arch. Ophthalm.*, 1932, **123**, 497.

erte sich dem Wert im Dunkeln. Die aerobe Glykolyse schwächte sich auch ab, aber mit geringerem Grad.

Die Frage, ob der im Hellraum im Vergleich zum Dunkelraum

Tabelle 1.

Gaswechsel der Rattenetzhaut bei Beleuchtung mit verschiedenen Lichtstärken (jede Versuchsreihe mit 5 Experimenten).

Licht- stärke (Fx)	Art der Beleucht.	Zeit (30 Minuten I-IV)							
		I		II		III		IV	
		Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ^o
Hell		- 16,1 ± 1,8	+ 20,4 ± 2,8	- 12,5 ± 1,6	+ 24,0 ± 2,1	- 17,0 ± 1,0	+ 22,5 ± 2,2		
Dunkel		- 55,8 ± 3,2	+ 42,9 ± 0,8	- 28,2 ± 5,3	+ 38,8 ± 2,2	- 19,5 ± 1,9	+ 28,3 ± 1,7	- 18,3 ± 3,4	+ 34,8 ± 5,8
2,25 + P. 4	l	- 29,1 ± 7,8	+ 33,5 ± 1,3	- 10,0 ± 3,2	+ 33,1 ± 1,8	- 6,4 ± 1,7	+ 25,2 ± 0,9	- 5,5 ± 1,3	+ 23,4 ± 1,4
2,25 + P. 3	k	- 25,6 ± 8,2	+ 30,7 ± 3,6	- 8,5 ± 1,9	+ 26,5 ± 2,9	- 2,3 ± 0,8	+ 17,9 ± 0,3	- 5,1 ± 0,2	+ 17,6 ± 3,5
		- 59,8 ± 9,7	+ 31,0 ± 4,7	- 9,8 ± 2,1	+ 26,0 ± 2,5	- 11,5 ± 1,5	+ 28,8 ± 2,3	- 1,8 ± 0,8	+ 20,1 ± 2,1
		- 76,7 ± 10,8	+ 38,0 ± 1,1	- 10,0 ± 1,4	+ 28,8 ± 0,4	- 9,2 ± 1,7	+ 28,2 ± 1,3	- 6,4 ± 0,2	+ 25,0 ± 2,1
2,25 + P. 1	k	- 88,1 ± 11,9	+ 37,8 ± 1,3	- 13,8 ± 2,8	+ 28,4 ± 1,8	- 11,3 ± 2,4	+ 31,5 ± 2,1	- 5,8 ± 1,7	+ 19,0 ± 2,9
		- 105,0 ± 10,9	+ 47,8 ± 2,9	- 16,8 ± 2,2	+ 32,9 ± 1,6	- 6,3 ± 1,1	+ 27,4 ± 2,1	- 2,8 ± 1,5	+ 20,9 ± 3,7
		- 35,3 ± 3,8	+ 31,0 ± 0,7	- 10,2 ± 2,3	+ 28,0 ± 4,9	- 8,9 ± 2,9	+ 28,3 ± 1,3	- 12,6 ± 3,4	+ 28,6 ± 2,9
2,25	k	- 53,7 ± 9,7	+ 36,2 ± 3,4	- 12,4 ± 2,3	+ 34,8 ± 3,2	- 5,3 ± 2,4	+ 26,0 ± 5,0	- 6,7 ± 2,5	+ 21,3 ± 2,1
10,0	l	- 20,8 ± 4,0	+ 26,1 ± 1,3	- 10,1 ± 1,5	+ 22,3 ± 1,3	- 9,3 ± 1,6	+ 20,6 ± 1,1	- 8,7 ± 0,5	+ 21,9 ± 0,6
32,0	k	- 24,2 ± 5,4	+ 25,0 ± 2,2	- 19,4 ± 3,6	+ 28,8 ± 1,1	- 17,4 ± 2,8	+ 25,3 ± 1,0	- 15,0 ± 3,9	+ 24,6 ± 2,1
		- 109,0 ± 15,3	+ 39,5 ± 3,0	- 22,6 ± 5,4	+ 31,6 ± 2,4	- 10,7 ± 3,9	+ 24,9 ± 2,0	- 8,2 ± 2,4	+ 18,1 ± 0,9
		- 32,8 ± 8,2	+ 29,1 ± 2,6	- 21,4 ± 1,7	+ 29,6 ± 1,6	- 20,8 ± 3,2	+ 26,3 ± 2,1	- 8,6 ± 3,0	+ 17,6 ± 2,4
73,2	k	- 43,8 ± 9,8	+ 27,3 ± 4,1	- 10,5 ± 1,1	+ 19,5 ± 3,1	- 10,5 ± 1,2	+ 17,6 ± 2,0	- 4,6 ± 1,3	+ 16,3 ± 2,1
		- 69,0 ± 7,6	+ 36,3 ± 3,5	- 18,0 ± 5,4	+ 25,1 ± 1,5	- 4,2 ± 1,4	+ 24,0 ± 1,6	- 4,2 ± 1,1	+ 18,2 ± 1,6
		- 112,3 ± 17,6	+ 37,9 ± 3,7	- 10,6 ± 2,7	+ 33,0 ± 2,9	- 8,3 ± 2,2	+ 28,4 ± 3,8	- 1,7 ± 1,0	+ 23,5 ± 1,8
254	k	- 28,1 ± 7,4	+ 20,3 ± 3,4	- 18,1 ± 4,7	+ 21,5 ± 3,9	- 2,0 ± 0,7	+ 13,4 ± 2,9	- 5,9 ± 2,7	+ 11,4 ± 2,1
		- 80,8 ± 4,3	+ 26,9 ± 2,0	- 13,9 ± 1,6	+ 22,1 ± 1,1	- 11,7 ± 1,7	+ 20,2 ± 0,6	- 12,6 ± 0,8	+ 19,3 ± 1,1

{ 2,25 + P. 1, P. 2.....Lichtstärke, welche durch Schwächung der 2,25 Fx. Lampenlicht mit einer, zweier,.....schwarzer Glasplatte erzeugt wurde.

l: Lang dauernde Beleuchtung.

k: Kurz dauernde Beleuchtung.

schwächere Gaswechsel auf Hemmung des Lichtes oder irgend einer Schädigung beruht, ist in späteren Experimenten zu diskutieren.

II. Gaswechsel unter dauernder Beleuchtung mit verschiedenen Lichtstärken.

Die Netzhaut im Atemgefäß wurde von oben mit elektrischer Lampe von verschiedener Lichtstärke gleichzeitig mit dem Beginn der manometrischen Beobachtung beleuchtet. Die Entfernung der Lampe von dem Atemgefäß in dem Thermostat war ca. 15 cm. Unsere Lampen waren solche von 200, 100, 60, 30, 13 und 2 Watt, welche bei einer Entfernung von 1 Fuss je 254, 127, 73,2, 32,0, 10,0 und 2,25 Fuss-Lux ergab (Messung mit einem Photometer von G. E. C., U. S. A.). Für noch schwächere Beleuchtung wurde das Licht der 2-Watt-Lampe durch schwarze Glasplatte geleitet, welche sich an der unteren Seite eines die Lampe bedeckenden kleinen Kastens befand. Bei Passieren des Lichtes durch eine Platte war die Beleuchtung 0,875 Fx und bei dem durch 2 und 3 Platten mit unserem Instrument nicht messbar.

Abb. 1. Sauerstoffverbrauch (o) und aerobe Glykolyse (•) der Rattenetzhaut unter dauernder Beleuchtung mit verschiedenen Lichtstärken.

Unsere Resultate sind in Tabelle 1 und Abbildung 1 zusammengefasst.

Wenn man den Sauerstoffverbrauch (Q_o) in der Periode der ersten 30 Minuten miteinander vergleicht, so findet man, dass Q_o nicht mit der Stärke der Beleuchtung parallel ging, bei der Beleuchtung mit 100 Watt und mit 2 Watt + 1 und 2 schwarzen Glassplatten viel grösser war und 2 Gipfel der Q_o -Kurve bildete.

Ob dieses Resultat der Eigentümlichkeit der Netzhaut zuzuschreiben ist, ist noch nicht bestimmt, weil die einzelnen Werte von dem Mittelwert ziemlich stark abweichend sind und der Sauerstoffverbrauch von dem Licht, ausser fördernd andererseits auch schädigend beeinflusst werden mag.

Auf irgend eine Weise scheint aber das Licht den Sauerstoffverbrauch der Netzhaut sicher zu beeinflussen.

Im Gegensatz zum Sauerstoffverbrauch war die aerobe Glykolyse (Q_c) bei jeder Beleuchtung fast gleich und zeigte keinen merklichen Einfluss des Lichtes.

Zeitlich war der Sauerstoffverbrauch während 2 Stunden nicht konstant und verminderte sich nach der Periode der ersten 30 Minuten ziemlich rasch. Die Verminderung zeigte mit der Beleuchtung keinen bestimmten Zusammenhang. Die aerobe Glykolyse verminderte sich auch zeitlich aber in viel schwächerem Grad als bei dem Sauerstoffverbrauch. Sie war also beständiger als der Sauerstoffverbrauch. Die Annahme, dass die aerobe Glykolyse eine Äusserung der Schädigung der Netzhaut sei, scheint für unsere Resultate nicht ganz zu gelten, weil sie bei stärkerer Atmung der Netzhaut auch grösser war, und bei Verminderung der Atmung, wenn auch nicht völlig parallel, kleiner wurde. Sie scheint also ein an die Atmung auf irgend eine Weise geknüpfter, nicht ein beim Verschwinden der Atmung auftretender Prozess zu sein.

Wenn man aus den gefundenen Grössen des Gaswechsels den Wärmequotienten^{9),8)} berechnete, erhielt man die in der Original-Tabelle 17 zusammengestellten Werte. Natürlich sieht man hier, dass die Haupt-Wärmeenergie aus der Oxydation entstand und diejenige aus der aeroben Glykolyse sich in den Hintergrund zurückzog, nur wegen der stärkeren zeitlichen Verminderung der Atmung in späterer Periode in den Quotienten W_c/W numerisch sich vergrösserte, aber mit physiologisch minderwertigem Zuwachs.

III. Einfluss der kurz dauernden Beleuchtung mit verschiedener Lichtstärke auf den Gaswechsel der Netzhaut.

In den oben erwähnten Experimenten wurde der Gaswechsel der Netzhaut unter dauernder Beleuchtung untersucht. Es ist fast zweifellos, dass die Beleuchtung der Netzhaut auf den Gaswechsel, ausser dem fördernden Einfluss, auf der anderen Seite schädigend wirkt. Eine lang dauernde Beleuchtung mag den fördernden Effekt des Lichtes aufdecken, worauf die negativen Resultate der Beleuchtung beruhen mögen. Die vorliegenden Experimente wurden unternommen, um die Lichtwirkung auf den Gaswechsel der Netzhaut weiter zu analysieren.

9) Jány, J. und C. Sellei, Biochem. Z., 1931, 236, 348.

Die Dauer der Beleuchtung war eine Minute nach der ersten manometrischen Messung, und die Stärke des Lichtes war dieselbe wie vorher. Die Durchschnittswerte sind in Tabelle 1 und Abbildung 2 dargelegt.

Wenn man wieder den Sauerstoffverbrauch (Q_0) in der Periode der ersten 30 Minuten, welche zu Beginn eine Minute Beleuchtung erfuhr, mit einander vergleicht, so findet man eine von der Lichtstärke

Abb. 2. Sauerstoffverbrauch (o) und aerobe Glykolyse (•) der Rattennetzhaut unter kurz dauernder Beleuchtung mit verschiedenen Lichtstärken.

abhängende Veränderung, welche derjenigen bei der lang dauernden Beleuchtung im allgemeinen analog ist. Der Sauerstoffverbrauch bei 30-Watt-Beleuchtung war aber sehr gross und verschieden von demjenigen bei der lang dauernden Beleuchtung mit derselben Lichtstärke. Auch bei

der 200-Watt-Beleuchtung war der Sauerstoffverbrauch in diesem Fall viel grösser als bei der dauernden Beleuchtung. Es scheint also, dass lang dauernde Beleuchtung die den Sauerstoffverbrauch beschleunigende Wirkung des Lichtes durch einen mit der Lichtstärke zusammenhängenden schädigenden Einfluss maskiert.

Es ist schwer zu beantworten, warum der Sauerstoffverbrauch bei kurz dauernder Beleuchtung mit 30-Watt-Lichtstärke so gross, während der Verbrauch bei lang dauernder Beleuchtung mit derselben Lichtstärke sehr klein war. Es mag beachtungswert sein, dass die Vergrösserung des Sauerstoffverbrauchs, wenn vorhanden, ungeachtet der Lichtstärke etwa die gleiche war. Sie war zu gross, um einfach auf eine Zufälligkeit oder auch auf einen Methodenfehler zurückgeführt zu werden.

Die aerobe Glykolyse war wie bei lang dauernder Beleuchtung von der Lichtstärke wenig abhängig und zeigte nur geringfügige Steigerung entsprechend der Steigerung des Sauerstoffverbrauches. Die

zeitliche Abnahme des Sauerstoffverbrauchs war sehr gross und auffallender, wenn der Verbrauch am Anfang gross war. Die aerobe Glykolyse zeigte wie bei lang dauernder Beleuchtung nur langsame Abnahme.

IV. Einfluss der durch farbige Glasplatte geleiteten Lichtstrahlen auf den Gaswechsel der Netzhaut.

Kiyohara¹⁰⁾ hat nach seinem Versuch über die gleiche Aufgabe angenommen, dass kurzwellige Lichtstrahlen auf den Sauerstoffverbrauch der Netzhaut des Frosches mehr fördernd als langwellige wirken. Sein Versuch ist aber wegen der Unvollkommenheit der Methode nicht ganz beweiskräftig.

Wir wendeten drei Glasfilter von Rot, Grün und Blau an. Die Strahlen, welche durch diesen Filter passierten, waren aber nach spektroskopischer Untersuchung (mit Adam-Hilger's Apparat) mit Eisenbogenlampe gleichen Stromes von 100 V nicht befriedigend (in der Original-Abbildung 8 sind die Ziffern nach rechts verschoben abgedruckt).

Der rote Filter zeigte vollkommene Absorption unterhalb 5800 Å. Der grüne Filter absorbierte die Strahlen nahe 6000 Å, aber die Strahlen unterhalb 6000 Å bis nahe 5700 Å liess er allmählich passieren und unterhalb 5500 Å zeigte sich vollkommene Durchlässigkeit. Der blaue Filter zeigte vollkommene Absorption zwischen 6000 Å und 5500 Å, unterhalb derselben bis zu 4800 Å vermehrte sich allmählich die Durchlässigkeit, unterhalb 4530 Å zu vollkommenem Grad.

Die Lichtstrahlen werden natürlich nach Passieren durch den Filter abgeschwächt. Wir wendeten als Lichtquelle für die Strahlen zwei Arten elektrischer Lampen von 2,25 Fx und 73,2 Fx an.

Die Beleuchtung mit farbigen Strahlen wurde nach der ersten manometrischen Ablesung im Dunkeln begonnen und durch die ganze Versuchszeit fortgesetzt.

Im allgemeinen war der Gaswechsel bei Beleuchtung mit farbigem Licht gering (Tabelle 2). Der Sauerstoffverbrauch war bei dem roten Licht am grössten in den ersten 30 Minuten und bei dem grünen Licht nächst gross. Bei dem blauen Licht war der Sauerstoffverbrauch nicht nachweisbar. Die aerobe Glykolyse war bei dem roten

10) Kiyohara, K., Nagasaki Igk. Z., 1931, 9, 730 (Jap.).

Tabelle 2.

Gaswechsel der Rattennetzhaut bei Beleuchtung mit farbigen Licht (jede Versuchsreihe mit 5 Experimenten).

Art des Lichtes	Stärke d. Lichtquelle (Fx)	Zeit (30 Minuten I-IV)							
		I		II		III		IV	
		Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ^o
Rot	73,2	-36,1	+30,4	-13,6	+23,8	- 6,1	+20,7	-5,9	+21,3
		± 6,7	± 1,0	± 0,1	± 1,4	± 1,0	± 1,8	±3,5	± 1,0
	2,25	-37,3	+32,7	-23,7	+29,7	-15,5	+28,5	-1,4	+15,3
Grün		± 7,2	± 3,7	± 3,1	± 3,6	± 1,1	± 2,1	± 0,8	± 2,1
	73,2	-25,3	+25,9	- 8,4	+27,3	- 7,7	+22,9	-1,9	+17,3
		± 6,3	± 2,2	± 1,0	± 1,2	± 2,5	± 1,3	± 0,6	± 1,9
Blau	2,25	-35,3	+39,5	- 5,6	+23,8	- 9,1	+26,3	-4,5	+22,1
		± 4,2	± 1,0	± 1,5	± 1,3	± 2,2	± 1,9	± 1,8	± 1,9
	73,2	0	+ 6,3	-10,6	+14,4	- 7,2	+17,5	-2,5	+11,4
			± 1,8	± 2,3	± 2,0	± 0,2	± 1,4	± 1,3	± 3,4
	2,25	0	0	-11,7	+12,0	- 7,1	+ 6,7	-6,0	+ 7,1
				± 2,7	± 2,9	± 1,4	± 3,2	± 2,0	± 3,0

und grünen Licht im ganzen die gleiche und bei dem blauen nur ausnahmsweise nachweisbar.

Zeitlich verminderte sich der Sauerstoffverbrauch bei rotem und grünem Licht, während dagegen beim blauen der Verbrauch, welcher anfangs nicht nachweisbar war, zwar geringfügig, später hervortrat, was auch bei der aeroben Glykolyse der Fall war.

Unsere Experimente waren mit grösserem wahrscheinlichem Fehler nicht befriedigend, aber sie zeigten deutlich, dass langwellige Strahlen auf den Sauerstoffverbrauch einen günstigeren Einfluss als kurzwellige haben, gerade entgegen dem Befund von Kiyohara.

Der Gaswechsel der Netzhaut der Ratte ist allgemein sehr schwer genauer zu forschen, weil die Netzhaut sehr leicht zerstörbar ist und lange Experimente nicht verträgt. Takano's Versuch konnte den Einfluss des Lichtes auf den Gaswechsel der Netzhaut bis zu einem gewissen Grad nachweisen, aber genauere Analyse der Lichtwirkung erfordert noch reichere experimentelle Daten mit noch feinerer methodischer Rücksichtnahme.

V. Einfluss der Zuckerkonzentration auf den Gaswechsel der Netzhaut der Ratte.

Aus der Tatsache, dass die Netzhaut ein grosses glykolytisches (sowohl aerobes als auch anaerobes) Vermögen hält, kann man einen

innigen Zusammenhang zwischen dem Gaswechsel der Netzhaut und der Zuckerkonzentration des Mediums leicht erwarten. Wir haben die Atmung, die aerobe Glykolyse und die anaerobe der Netzhaut der Ratte in Ringerlösung mit verschiedener Zuckerkonzentration (0, 0,1 und 0,4%) untersucht. Das Stickstoffgas und die Kohlensäure für die anaerobe Messung wurde natürlich von Sauerstoff befreit.

Tabelle 3.

Gaswechsel der Rattennetzhaut in Ringerlösung mit verschiedener Zuckerkonzentration (jede Versuchsreihe mit 5 Experimenten).

Zucker- konz. (%)	Zeit (30 Minuten I-IV)							
	I		II		III		IV	
	Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ⁿ	Q _o	Q _c ^o	Q _o	Q _c ⁿ
0	-57,3 ± 5,5	+59,0* ± 6,7	+ 4,7* ± 3,6	-11,6* ± 4,4	+ 6,2* ± 1,6	-10,2* ± 2,6	+ 3,5* ± 1,1	- 7,3* ± 1,8
0,1	-81,0 ± 4,1	+40,4 ± 5,7	-15,4 ± 3,4	+33,5 ± 1,3	-13,0 ± 2,3	+23,7 ± 3,5	-14,8 ± 0,9	+29,5 ± 2,4
0,4	- 8,5 ± 2,3	+26,1 ± 1,1	- 8,6 ± 1,0	+27,5 ± 1,6	- 6,0 ± 1,0	+21,8 ± 0,9	- 5,4 ± 1,3	+21,8 ± 0,6
		Q _c ⁿ		Q _c ⁿ		Q _c ⁿ		Q _c ⁿ
0		+ 1,7 ± 0,6		+ 2,0 ± 0,6		+ 0,2 ± 0,7		0 ± 0,6
0,1		+70,3 ± 3,5		+60,2 ± 3,2		+47,7 ± 2,2		+48,2 ± 2,3
0,2		+70,0 ± 3,1		+61,0 ± 1,7		+52,0 ± 3,6		+58,5 ± 2,1
0,4		+68,5 ± 3,1		+57,6 ± 2,5		+60,1 ± 4,9		+53,8 ± 1,1

* Q_c

Der Sauerstoffverbrauch in der zuckerfreien Ringerlösung war am Anfang relativ gross (etwa der gleiche wie in 0,2% Zuckerkonzentration im früheren Experiment), dann verminderte er sich rasch auf Null. Die aerobe Glykolyse war von Anfang an gering und verminderte sich zeitlich auf Null. Damit ist die Unentbehrlichkeit des Zuckers im Atmungsmedium für den Gaswechsel nachgewiesen.

Der Sauerstoffverbrauch in 0,1% Zucker-Ringerlösung war am Anfang sehr gross, grösser als bei 0,2% Zuckerkonzentration, dann verminderte er sich rasch etwa auf ein Fünftel, während derjenige in 0,4% Zucker-Ringerlösung von Anfang an klein war, zeitlich mit geringerem Abfall.

Die aerobe Glykolyse war in beiden Fällen fast gleich; nur bei 0,1% Zuckerkonzentration war der zeitliche Abfall stärker.

Kleinere Zuckerkonzentration (0,1 %) scheint also den Sauerstoffverbrauch anfangs zu fördern und höhere Konzentration ihn zu verzögern.

Die anaerobe Glykolyse war in der zuckerfreien Ringerlösung natürlich fast null, was wahrscheinlich den Mangel des Kohlenhydratvorrates im Netzhautgewebe anzeigt. Diejenige in 0,1, 0,2 und 0,4 % Zucker-Ringerlösung war sehr gross, in allen Fällen von fast gleichem Grad und zeitlich geringerem Abfall. Die Konzentration des Zuckers scheint also von dieser Glykolyse wenig abhängig zu sein. Die 0,1 % Zuckerkonzentration selbst war für die gewaltige anaerobe Glykolyse genügend, indem sie zeitlich nur geringeren Abfall zeigte.

Die aerobe Glykolyse zeigte in den früheren Experimenten keinen kompensatorischen Zusammenhang mit dem Sauerstoffverbrauch und die anaerobe Glykolyse war in den letzten Experimenten auffallend gross, d. h. das Verschwinden des Sauerstoffverbrauches rief kompensatorisch die Glykolyse hervor. Die aerobe und die anaerobe Glykolyse scheint also einen von einander unabhängigen Prozess darzustellen.

Zusammenfassung.

Der Gaswechsel der Rattennetzhaut wurde *in vitro* nach Warburg'scher Methode (1924) gemessen und der Einfluss des Lichtes und der Zuckerkonzentration in der Ringerlösung darauf untersucht.

Der Sauerstoffverbrauch war sowohl bei lang dauernder als auch bei kurz dauernder Beleuchtung der Lichtstärke nicht proportional. Bei lang dauernder Beleuchtung wurde der Verbrauch im Anfangsstadium von einer 127 Fx Lampe und von der Lichtstärke fördernd beeinflusst, welche letztere durch Schwächung der 2,25 Fx Lampe mit einer und zwei schwarzen Glasplatten erzeugt wurde, und bei kurz dauernder Beleuchtung von 254, 127, 32 Fx und von der Lichtstärke, welche letztere durch Schwächung der 2,25 Fx mit einer schwarzen Glasplatte erzeugt wurde.

Die aerobe Glykolyse wurde sowohl bei lang dauernder als auch bei kurz dauernder Beleuchtung von der Lichtstärke wenig beeinflusst.

Der Gaswechsel verminderte sich zeitlich in allen Fällen, und zwar war der Abfall beim Sauerstoffverbrauch auffallend gross.

Von den farbigen Lichtern war der Sauerstoffverbrauch bei Beleuchtung mit rotem Licht am grössten, bei dem grünen am nächsten,

und bei dem blauen am geringsten und sogar im Anfangstadium nicht nachweisbar. Die aerobe Glykolyse zeigte im ganzen eine fast gleiche Tendenz wie der Sauerstoffverbrauch, zeitlich aber mit geringerem Abfall.

In der zuckerfreien Ringerlösung war der Sauerstoffverbrauch (im Dunkeln) anfangs gross, und dann verminderte er sich rasch auf Null. Die anaerobe und aerobe Glykolyse war verschwindend gering. In 0,1% Zucker-Ringerlösung war der Sauerstoffverbrauch anfangs sehr gross, aber zeitlich verminderte er sich rasch und die aerobe Glykolyse war noch mässig vorhanden. In 0,4% Zucker-Ringerlösung war der Sauerstoffverbrauch und die aerobe Glykolyse von Anfang an relativ gering, ohne zeitlichen Abfall. Die anaerobe Glykolyse war bei allen 0,1, 0,2 und 0,4% Zucker-Ringerlösung sehr gross in fast gleichem Grad.