

4) 大脳に於ても 100~1000 気圧の加圧で亢進した  $O_2$  消費能は加圧除去後は正常に戻る。1000~2000 気圧では加圧中正常と等しい  $O_2$  消費量は除圧後も同様である。

(摺筆するに臨み御懇切なる御指導と御校閲を賜った林香苗教授に深甚なる謝意を表す。)

本論文の要旨は昭和 26 年 11 月 23 日日本生理学会中国四国談話会の席上で発表した。

## 高圧下に於ける「とのさま」蛙の種々なる別出 組織の $O_2$ 消費量に関する研究

第 3 報 KCl, 蔗糖, エチルアルコールを作用させた縫匠筋の  
高圧下に於ける  $O_2$  消費量について。

岡山大学医学部生理学教室 (主任 林 香苗教授)

助 手 川 岡 曉 美

[昭和 27 年 4 月 15 日受稿]

### I 緒 言

著者は曩に第 1 報に於て、リンゲル液中に浸した「とのさま」蛙の縫匠筋に油圧ポンプにて 100~2000 気圧を 1 時間作用させた時の  $O_2$  消費量をしらべ、短縮の発現する閾値である 300 気圧前後に於て  $O_2$  消費量が最も亢進する (対照の 3.3 倍) ことを明かにした。さて Ebbecke 及丹原によれば、ある種の薬品を一定時間「とのさま」蛙の縫匠筋に作用させることにより電流刺戟に対しては不応となるが、圧刺戟に対しては依然 empfindlich で、然も正常の場合の短縮の閾値である 300 気圧を上下に移動させることが出来るという。例えば 15 倍 KCl-Ringer 液に浸した筋肉は閾値は 400 気圧前後となり、7% Äthylalkohol-Ringer 液では 200 気圧前後となり又 6% Rohrzucker-Ringer 液に浸した筋肉では閾値は正常の場合と異ならないけれ共、やはり電流刺戟には不応になるという。さて正常縫匠筋に於てはその短縮の閾値である 300 気圧前後に於て  $O_2$  消費量が最大なのであるが、若し上記の薬品によつて閾値が変化した場合、加

圧下に於けるその  $O_2$  消費量はどんなであろうか。亦その筋肉はその変化した閾値の附近で  $O_2$  消費量が最も亢進するであろうか。この問題を明かにするために著者は次のような実験を行つた。

### I 実験方法

「とのさま」蛙の縫匠筋を

- 1) 15 倍 KCl-Ringer 液に約 60 分間、
  - 2) 7% Äthylalkohol-Ringer 液に約 30 分間、
  - 3) 6% Rohrzucker-Ringer 液に約 30 分間、
- 浸しておけば感応電流刺戟に應じなくなる。

(Porter 型感応コイルのコイル間隔を 0 にして刺戟しても不応となる。) 上記の薬品加 Ringer 液中に浸して感応電流刺戟に不応となつた縫匠筋を第 1 報で述べたと同じ方法で 1 時間加圧し、その  $O_2$  消費量を Winkler 法によりしらべた。この場合 N は勿論それぞれの薬品加 Ringer 液中の  $O_2$  量である。尙 Rohrzucker-Ringer 液の場合は、蔗糖は有機物であるから Cl が吸収されて其のために遊離さるべき沃度の量が実際の量よりも少く現はれてくる可能性があるが、この実験では

N, E, K の値そのものが必要なのではなく N-E, N-K が必要なのであるから実際にはこの補正值は相殺されることとなるから求める必要はないわけである。

■ 実験成績

I) 上記の薬品加 Ringer 液に浸した縫匠筋に高圧を作用させて取り出した場合 Ebbecke の所謂 Dauerverkürzung の現はれる高圧の値は第 1 表の如くである。

第 1 表

薬品加 Ringer 気圧	100	200	250	300	350	400	450	500	600
KCl-Ringer液	-	-	-	-	-	-	±	+	+
Rohrzucker-Ringer液	-	-	-	-	±	+	+	+	+
Äthylalkohol-Ringer液	-	-	±	+	+	+	+	+	+
Ringer液 (正常)	-	-	-	-	±	+	+	+	+

+: 著明な短縮, ±: ごく軽度の短縮, -: 短縮していない

即ち圧による持続短縮の閾値は凡そ, KCl-Ringer 液では 400~450 気圧, Rohrzucker-Ringer 液では 300~350 気圧, Äthylalkohol-Ringer 液では 200~250 気圧ということにな

る。  
I) 之等の薬品加 Ringer 液に浸した縫匠筋に 100~2000 気圧の高圧を作用させた時の O<sub>2</sub> 消費量は次の如くである。

A) 15 倍 KCl-Ringer 液の場合 (第 2 表)

第 2 表

加圧 気圧	1951 日/月	室温 °C	水温 °C	乾燥重量 mg		O <sub>2</sub> 消費量 ( $\frac{N}{100}$ チオ硫酸ソーダ滴定量 c.c. )							E'/K'
				E	K	N	E	N-E	$E' = \frac{N-E}{E/mg}$	K	N-K	$K' = \frac{N-K}{K/mg}$	
100	19/12	15.6	15.2	36.2	37.6	0.800	0.688	0.112	$3.1 \times 10^{-3}$	0.665	0.135	$3.6 \times 10^{-3}$	0.8
	20/12	14.3	14.0	52.4	48.8	0.836	0.689	0.147	$2.8 \times 10^{-3}$	0.680	0.156	$3.2 \times 10^{-3}$	0.9
												平均	0.9
200	14/12	12.3	12.0	62.8	64.8	0.857	0.730	0.127	$2.0 \times 10^{-3}$	0.708	0.150	$2.3 \times 10^{-3}$	0.9
	18/12	14.5	14.2	63.0	63.8	0.912	0.678	0.234	$3.4 \times 10^{-3}$	0.700	0.212	$3.3 \times 10^{-3}$	1.1
												平均	1.0
300	14/12	18.4	18.1	60.2	58.2	0.848	0.638	0.210	$3.5 \times 10^{-3}$	0.714	0.134	$2.3 \times 10^{-3}$	1.5
	19/12	13.6	13.2	50.6	60.4	0.858	0.663	0.195	$3.8 \times 10^{-3}$	0.695	0.163	$2.7 \times 10^{-3}$	1.4
	20/12	15.5	15.2	84.4	88.3	0.993	0.738	0.255	$3.0 \times 10^{-3}$	0.780	0.213	$2.4 \times 10^{-3}$	1.3
	20/12	15.4	15.1	57.6	58.0	0.800	0.648	0.152	$2.6 \times 10^{-3}$	0.703	0.097	$1.7 \times 10^{-3}$	1.5
											平均	1.4	
400	21/12	15.8	15.4	40.6	43.2	0.868	0.555	0.313	$7.7 \times 10^{-3}$	0.756	0.112	$2.6 \times 10^{-3}$	3.0
	22/12	15.6	15.3	37.0	44.9	0.852	0.673	0.179	$4.8 \times 10^{-3}$	0.762	0.090	$2.0 \times 10^{-3}$	2.4
	22/12	17.2	16.8	53.2	52.8	0.931	0.649	0.282	$5.3 \times 10^{-3}$	0.830	0.101	$1.9 \times 10^{-3}$	2.8
											平均	2.7	
450	14/12	10.6, 10.2		56.6	62.9	0.894	0.666	0.228	$4.0 \times 10^{-3}$	0.737	0.157	$2.5 \times 10^{-3}$	1.6
	15/12	10.4	10.1	59.2	53.1	0.910	0.730	0.180	$3.0 \times 10^{-3}$	0.826	0.084	$1.6 \times 10^{-3}$	1.8
	16/12	18.2	17.8	35.8	31.3	0.971	0.798	0.173	$4.8 \times 10^{-3}$	0.863	0.108	$3.4 \times 10^{-3}$	1.4
											平均	1.6	

500	11/12	18.6	18.3	57.4	56.0	0.960	0.732	0.228	$4.0 \times 10^{-3}$	0.756	0.204	$3.6 \times 10^{-3}$	1.1
"	13/12	18.2	17.8	46.2	44.3	0.812	0.687	0.125	$2.7 \times 10^{-3}$	0.692	0.120	$2.7 \times 10^{-3}$	1.0
"	14/12	22.0	21.7	45.4	48.8	0.865	0.700	0.165	$3.6 \times 10^{-3}$	0.668	0.197	$4.0 \times 10^{-3}$	0.9
												平均	1.0
600	13/12	14.4	14.1	68.0	71.4	0.834	0.675	0.159	$2.3 \times 10^{-3}$	0.697	0.177	$2.3 \times 10^{-3}$	1.0
"	20/12	14.3	14.0	56.6	54.2	0.918	0.796	0.122	$2.0 \times 10^{-3}$	0.804	0.114	$2.1 \times 10^{-3}$	1.0
												平均	1.0
700 ⋮ 1800	700から1800まで E'/K'=1.0 であるから省略する。												1.0 ⋮ 1.0

B) 6% Rohrzucker-Ringer 液の場合 (第3表)

第 3 表

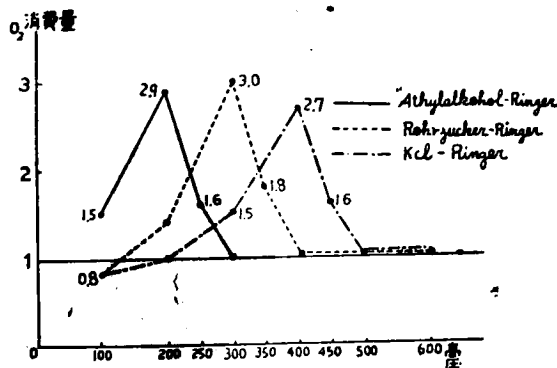
加圧 気圧	1951 日/月	室温 °C	水温 °C	乾燥重量 mg		O <sub>2</sub> 消費量 ( $\frac{N}{100}$ チオ硫酸ソーダ滴定量 c. c. )							E'/ K'
				E	K	N	E	N-E	$\frac{E'-N-E}{E/mg}$	K	N-K	$\frac{K'-N-K}{K/mg}$	
100	17/11	16.6	16.3	79.2	79.7	0.823	0.725	0.098	$1.2 \times 10^{-3}$	0.609	0.114	$1.4 \times 10^{-3}$	0.8
"	16/11	15.8	15.5	77.2	75.0	0.726	0.671	0.055	$0.8 \times 10^{-3}$	0.645	0.081	$1.1 \times 10^{-3}$	0.8
												平均	0.8
200	27/11	18.4	18.1	68.0	65.0	0.710	0.620	0.090	$1.3 \times 10^{-3}$	0.644	0.066	$1.0 \times 10^{-3}$	1.3
"	26/11	20.4	20.1	58.4	59.7	0.610	0.490	0.120	$2.0 \times 10^{-3}$	0.536	0.074	$1.2 \times 10^{-3}$	1.4
												平均	1.4
300	26/11	15.2	14.9	82.8	88.5	0.711	0.537	0.174	$2.1 \times 10^{-3}$	0.617	0.094	$1.0 \times 10^{-3}$	2.0
"	29/11	15.6	15.3	74.0	86.7	0.781	0.398	0.382	$5.1 \times 10^{-3}$	0.670	0.111	$1.2 \times 10^{-3}$	4.2
"	20/11	23.2	22.8	67.4	65.3	0.866	0.550	0.316	$4.7 \times 10^{-3}$	0.786	0.080	$1.2 \times 10^{-3}$	3.8
"	7/12	15.4	15.1	57.2	53.1	0.720	0.534	0.186	$3.2 \times 10^{-3}$	0.626	0.094	$1.5 \times 10^{-3}$	2.1
												平均	3.0
350	4/12	18.6	18.3	69.3	79.3	0.880	0.664	0.216	$3.1 \times 10^{-3}$	0.761	0.119	$1.5 \times 10^{-3}$	2.0
"	5/12	18.2	17.9	81.2	85.4	0.825	0.678	0.147	$1.8 \times 10^{-3}$	0.731	0.094	$1.1 \times 10^{-3}$	1.6
												平均	1.8
400	4/12	12.1	11.8	75.2	70.6	0.708	0.700	0.080	$1.0 \times 10^{-3}$	0.715	0.073	$1.0 \times 10^{-3}$	1.0
"	14/12	12.4	12.0	52.8	55.4	0.813	8.744	0.069	$1.3 \times 10^{-3}$	0.748	0.065	$1.2 \times 10^{-3}$	1.0
												平均	1.0
500	6/12	12.3	12.0	56.2	58.4	0.863	0.796	0.067	$1.2 \times 10^{-3}$	0.787	0.076	$1.3 \times 10^{-3}$	1.0
"	"	12.0	11.7	60.2	58.6	0.895	0.829	0.066	$1.1 \times 10^{-3}$	0.830	0.065	$1.1 \times 10^{-3}$	1.0
												平均	1.0
600 ⋮ 1800	600から1800まで E'/K'=1.0 であるから省略する。												1.0 ⋮ 1.0

C) 7% Äthylalkohol-Ringer 液の場合 (第4表)

第 4 表

加圧 気圧	1951 日/月	室温 °C	水温 °C	乾燥重量 mg E K		O <sub>2</sub> 消費量 ( $\frac{N}{100}$ ナオ硫酸ソーダ滴定量 c.c.)						E'/ K'	
						N	E	N-E	$\frac{E'-N-E}{E/mg}$	K	N-K		$\frac{K'-N-K}{K/mg}$
100	1/2	20.2	19.8	72.0	73.6	1.104	0.994	0.110	$1.5 \times 10^{-3}$	0.964	0.140	$1.5 \times 10^{-3}$	1.0
"	1/2	20.1	19.8	98.2	96.3	1.040	0.829	0.210	$2.1 \times 10^{-3}$	0.832	0.200	$2.0 \times 10^{-3}$	1.0
平均													1.0
200	29/1	15.4	15.1	58.4	59.6	0.894	0.736	0.157	$2.7 \times 10^{-3}$	0.946	0.040	$1.0 \times 10^{-3}$	2.7
"	31/1	15.6	15.3	78.0	77.5	1.038	0.787	0.251	$3.2 \times 10^{-3}$	0.946	0.082	$1.0 \times 10^{-3}$	3.2
"	4/2	15.3	15.0	72.2	75.3	1.028	0.772	0.256	$3.5 \times 10^{-3}$	0.938	0.090	$1.2 \times 10^{-3}$	2.9
平均													2.9
250	6/2	16.4	16.1	103.6	90.4	1.130	0.950	0.180	$1.7 \times 10^{-3}$	1.023	0.107	$1.1 \times 10^{-3}$	1.6
"	4/2	16.2	15.8	59.6	63.8	0.993	0.885	0.118	$1.9 \times 10^{-3}$	0.903	0.090	$1.4 \times 10^{-3}$	1.4
平均													1.5
300	5/2	15.2	14.9	71.4	72.7	0.914	0.800	0.114	$1.6 \times 10^{-3}$	0.786	0.128	$1.7 \times 10^{-3}$	1.0
"	5/23	14.8	14.4	79.6	79.6	0.935	0.720	0.215	$2.7 \times 10^{-3}$	0.758	0.177	$2.2 \times 10^{-3}$	1.2
"	1/2	10.3	10.0	77.2	83.4	1.018	0.954	0.064	$0.82 \times 10^{-3}$	0.925	0.093	$1.1 \times 10^{-3}$	0.8
平均													1.0
400	4/2	12.4	12.1	108.0	101.2	1.028	0.857	0.171	$1.6 \times 10^{-3}$	0.856	0.172	$1.7 \times 10^{-3}$	1.0
"	6/2	16.4	16.0	68.2	66.4	0.963	0.820	0.143	$2.1 \times 10^{-3}$	0.830	0.133	$2.0 \times 10^{-3}$	1.0
平均													1.0
500	500から1800まで E'/K'=1.0											1.0	
1800	であるから省略する。											1.0	

上記の A) B) C) の成績を一括図示すれば図の如くなる。



IV 總括並に考按

A) 15倍 KCl-Ringer 液に浸した縫匠筋の O<sub>2</sub> 消費量について

KCl-Ringer 液に浸して電流刺戟に不応となった縫匠筋を1時間加圧した場合の O<sub>2</sub> 消費量は凡そ400気圧で最大であつた。実験成績で述べた様に400気圧前後は略々この筋肉の閾値であるから、この場合もやはり閾値の附近で O<sub>2</sub> 消費量が最も充進しているといえる。然し最大の場合でも対照の約2.7倍で正常筋の最大値3.3倍よりは少い。もつとも KCl-Ringer 液に浸した丈の対照の筋肉が既に正常の筋肉よりも O<sub>2</sub> 消費量が少しく低下しているのであるから(凡そ%程度)閾値に於ける充進度も正常の場合程には高くないのであろう。

B) 6% Rohrzucker-Ringer 液に浸した縫匠筋の O<sub>2</sub> 消費量について。

この液に浸して電流刺激に不応となつた縫匠筋に1時間高圧を作用させた時の  $O_2$  消費量が最も亢進するのは正常筋肉と同様300気圧附近に於てであつた。実験成績で述べた様に、この場合の短縮の閾値は正常筋肉同様300気圧附近であるからやはり閾値の附近で  $O_2$  消費量が最も亢進している。この場合の最大値は3.0で正常筋肉の最大値3.3よりも稍少いのは、この液に浸した丈の対照の筋肉が既に正常筋肉の  $O_2$  消費量の  $\frac{1}{6}$  程度に下つているからなのであろう。

#### C) 7% Äthylalkohol-Ringer 液

この液に浸して電流刺激に不応となつた縫匠筋に1時間高圧を作用させた時の  $O_2$  消費量は凡そ200気圧で最大であつた。実験成績で述べた様にこの筋肉の短縮の閾値は略200気圧前後であるからこの場合もやはり閾値の附近で  $O_2$  消費量が最大であるということになる。但し最大値は対照の2.9倍で正常の場合の最大値3.3倍よりは少い。これは Äthy-

lalkohol-Ringer 液に浸した丈の対照の筋肉でも既に正常の筋肉よりは  $O_2$  消費量が低下している(凡そ  $\frac{1}{6}$  程度)からなのであろう。

之を要するに A) B) C) 何れの場合でも、「とのさま」蛙の縫匠筋は薬品の作用で電流刺激には不応となつてもやはり圧刺激には empfindlich であり、その  $O_2$  消費量が増し且つ変動した夫々の圧閾値に於て  $O_2$  消費量が最大であることが分つた。

#### IV 結 論

15倍 KCl-Ringer 液, 6% Rohrzucker-Ringer 液, 7% Äthylalkohol-Ringer 液中に一定時間浸漬した「とのさま」蛙の縫匠筋に100~2000気圧の高圧を1時間作用させると、正常の筋肉の場合と同様その  $O_2$  消費量が増加し且つ夫々の短縮の閾値に於て  $O_2$  消費量が最大である。

擧筆するに臨み御懇切なる御指導と御校閲を賜つた林香苗教授に深甚なる謝意を捧げる。

#### 主 要 文 献

1) Ebbecke : Pflüger's Arch. f. d. gesamt. Physiolog. 35, 236, 663.

2) 丹原 : 本誌.