

(昭和12年12月28日受領)

## 傳書鳩の運動生理に關する研究

### III. Steady State に於ける血液乳酸量

(1 挿圖)

## Studies in the Physiology of Exercise in the Carrier Pigeon

### III. Blood Lactic Acid in the Steady State

(1 Figure)

岡 本 正 幹

九州帝國大學農學部畜産學教室

Seikan OKAMOTO

*Laboratory of Zootechny, Department of Agriculture, Kyusyu Imperial University*

#### Résumé

In the first paper of this series of works the author stated that the carrier pigeons might be in the 'steady state' as they were flying in the sky without any restriction. In the present paper this fact was pursued experimentally by determining the blood lactic acid immediately after the flying for 15, 30, 45, and 60 minutes respectively; the material used was 12 carrier pigeons having been trained quite satisfactorily; and the method used in the lactic acid determination was the same as described in the preceding paper by the author.

As the results of the experiment, no significant difference was detected among the amounts of lactic acid increase effected by the series of flyings, so far as the mean blood lactic acid content was concerned. It was, therefore, ascertained that the birds might be in the 'steady state' of bodily condition as they were flying in the sky with no restriction, the level of blood lactic acid in this state being slightly higher than that in the rest. The excess of lactic acid was found to be removed in about 15 minutes after the cessation of flying.

This work was done under the direction of Prof. M. TANGE.

\* \* \*

本研究の第1報(1937)に於て著者は自由に空中を飛翔しつゝある場合に於ける傳書鳩の運動状態は HILL et al (1924) の所謂 steady state に該當するものであらうと述べて置いた。本報に於ては、其豫報を實驗的に追求する爲に、血液内の乳酸量が空中飛翔運動の経過に於て如何に變化しつゝあるかを測定した結果を報告したいと思ふ。

## 材料及び方法

材料は實驗の性質上何れも皆十分に訓練を施した傳書鳩を選んだ。而して其大部分は既に數回實驗に使用したものである。運動は15分、30分、45分、及び60分の空中飛翔であり、運動中は屋上其他に休憩しない様に嚴重監視した。採血は運動終了後可及的速かに之を行ひ、尙ほ其恢復状態を窺ふ爲に15分後に於て更に1回の採血測定を行つた。乳酸の測定方法は前報(1937)所載のもと同一である。

## 結 果

實驗の結果を取纏めて表示する(第1表及び第2表)。第1表に於ては個體別に其實驗成績を記載し、第2表に於ては全個體に就ての平均値を各々記載して、念の爲に乳酸量に就ては標準偏差及び確率誤差を附して置いた。尙又第2表より推定した作圖(第1圖)をも示して置いた。但し cc. 6 なる個體は實驗中に健康を害した爲に途中に於て實驗動物より除外した。従而第2表の平均値は cc. 6 を含まない。

## 論 議

實驗の結果によれば、15分、30分、45分及び60分の運動に於て血液内の乳酸量は殆ど不變であつた。第2表に就て各時間後に於ける乳酸量を比較すれば15分運動後に於て最も多く、續いて30分運動後には少し減じ、45分運動後には更に減じ、60分運動後には少許増加して居る。乍併、其等の運動時に於ける温度も亦之に準じて變動して居る爲

に、此處に現れた差異は問題にならない様である。尤も15分運動の場合と30分運動の場合には各個體を按配して交互に之を行つた爲に温度の差も少く略。同一條件と見て良い様であるが、45分及び60分の場合には其後に行つた爲に前二者と温度の開きが少許大き過ぎる様に思へる。又若し假に温度の差異を問題にしないとしても其等の間の差異は實驗誤差の範圍内であると云はねばならぬ。即ち各時間後に於ける價を算出して之に確率誤差を附すれば次の如くなる。

$$M_1 \sim M_2 = 1.6 \pm 2.26$$

$$M_1 \sim M_3 = 3.4 \pm 1.84$$

$$M_1 \sim M_4 = 2.8 \pm 1.93$$

$$M_2 \sim M_3 = 1.8 \pm 2.09$$

$$M_2 \sim M_4 = 1.2 \pm 2.17$$

$$M_3 \sim M_4 = 0.6 \pm 1.71$$

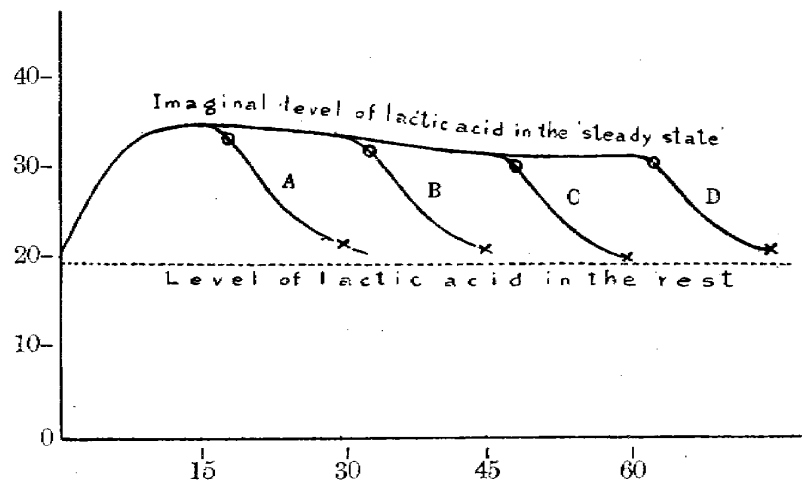


Fig. 1. Curves showing the changes of blood lactic acid contents in the series of flyings for 15(A), 30(B), 45(C), and 60(D) minutes, which were drawn imaginally by the author tracing the points o's and x's. o, lactic acid content determined immediately after each flying; x, lactic acid content determined at 15 minutes after the cessation of each flying.

第 1 表

Individual	Date	Weather	Atm. temperature (°C)	Body weight (gm.)	Duration of flying (min.)	Interval betw. time of cessation of flying and time of blood sampling		Lactic acid (mg%)
						min.	sec.	
cc. 6	9/25	○	24.5	325	15	2	10	52.8
	10/11	⊙	21.5	335	30	15	00	33.5
						2	05	34.8
10/28	○	23.5	325	45	15	00	30.9	
0 35	10/12	●	22.5	310	15	2	00	34.6
						15	00	22.3
	9/27	⊙	26.0	305	30	2	10	52.8
						15	00	32.0
	11/13	⊙	16.0	305	45	2	40	38.5
						15	00	28.7
10/29	⊙	23.0	320	60	2	10	41.0	
11/27	○	15.0	325	rest	—	—	28.7	
19.5								
0 36	9/28	○	24.0	310	15	2	10	40.1
	10/13	⊙	21.5	315	30	15	00	22.1
						2	05	29.2
	10/30	●	23.0	310	45	15	00	18.8
						2	15	25.2
	11/15	○	16.0	305	60	15	00	17.6
1						55	25.0	
11/29	⊙	14.0	330	rest	—	—	23.7	
19.3								
0 25	10/14	○	21.5	365	15	2	15	37.7
	9/29	●	22.0	345	30	15	00	20.0
						2	10	32.3
	11/16	⊙	16.0	290	45	15	00	20.2
						2	15	26.8
	11/1	⊙	22.0	340	60	15	00	17.4
2						10	31.8	
11/27	○	15.0	285	rest	—	—	17.5	
20.4								
0 2	9/30	⊙	23.0	305	15	2	40	34.0
	10/15	○	20.5	335	30	15	00	25.4
						2	15	28.1
18.1								

Individual	Date	Weather	Atm. temperature (°C)	Body weight (gm.)	Duration of flying (min.)	Interval betw. time of cessation of flying and time of blood sampling		Lactic acid (mg%)
						min.	sec.	
0 2	11/2	☉	21.0	315	45	2	20	34.3
	11/17	○	18.0	305	60	15	00	24.4
	11/29	☉	14.0	315	rest	2	00	35.9
0 3	10/16	●	20.0	340	15	15	00	24.5
	10/1	●	22.5	330	30	2	05	29.9
	11/18	⊕	17.0	325	45	15	00	20.1
	11/4	⊕	21.0	325	60	2	05	27.0
	11/30	⊕	13.0	340	rest	15	00	15.9
0 17	10/2	⊕	22.0	310	15	2	10	17.8
	10/18	⊕	15.0	320	30	15	00	29.2
	11/5	●	20.5	305	45	2	20	17.1
	11/19	⊕	17.0	310	60	15	00	41.6
	11/30	⊕	13.0	330	rest	2	15	22.7
A 3	10/19	○	16.5	340	15	15	00	23.6
	10/4	⊕	22.5	330	30	2	00	37.0
	11/20	○	14.0	315	45	15	00	23.0
	11/6	●	21.0	325	60	2	10	27.3
	12/1	☉	14.0	340	rest	15	00	19.7
0 34	10/5	●	23.0	345	15	2	05	38.9
	10/20	○	17.5	355	30	15	00	21.3
	11/8	●	18.0	330	45	2	20	28.2
								25.0
								17.7
								31.4
								19.0
								19.8
								28.6
								22.3
								32.7
								21.8
								28.6
								18.4

Individual	Date	Weather	Atm. temperature (°C)	Body weight (gm.)	Duration of flying (min.)	Interval betw. time of cessation of flying and time of blood sampling		Lactic acid (mg%)
						min.	sec.	
0 34	11/22	●	12.5	320	60	2	15	36.3
						15	00	21.2
	12/1	◎	14.0	345	rest	—		18.6
0 12	10/21	①	19.0	330	15	2	05	31.4
						15	00	24.3
	10/6	◎	21.0	305	30	2	20	34.6
						15	00	23.8
	11/24	●	12.0	300	45	2	15	34.1
						15	00	20.0
	11/10	○	18.0	290	60	2	00	32.6
						15	00	20.0
	12/2	①	15.0	320	rest	—		19.3
0 10	10/7	①	19.5	340	15	1	55	29.1
						15	00	17.1
	10/22	○	19.0	340	30	2	20	29.5
						15	00	23.2
	11/11	①	14.0	315	45	2	10	22.1
						15	00	12.4
	11/25	◎	11.0	320	60	2	15	22.3
						15	00	14.5
	12/2	①	15.0	340	rest	—		20.3
0 79	10/23	○	19.0	350	15	2	20	15.7
						15	00	16.5
	10/8	●	18.5	365	30	2	20	14.7
						15	00	11.3
	11/26	●	9.0	335	45	2	15	20.7
						15	00	13.9
	11/12	○	16.0	330	60	2	00	18.2
						15	00	16.3
	12/2	①	15.0	360	rest	—		16.4

之は何れも統計學上無意味な差異である。但し著者の實驗は同一材料に就て行はれて居るから少差をも少差なりと見なして作成したのが第1圖である。圖に於て實線の所在は、運動終了後可久的速かに行はれた測定値から運動中のものを推定して描かれたものである。運動終了後2分餘の血液と運動中の血液と何れがより多く乳酸を含むか、實際は不明である。現に急激運動の場合に就ては著者も既に終了後2乃至3分にして乳酸量は頂點に達するだらうと述べた。が、今回の如き輕運動の場合は又別個の問題である。從而此處では假に終了後直ちに恢復を始めるものとして15分後に於ける恢復状態から按分によつて算出測定したも

第 2 表

Duration of flying (min.)	Atm. temperature (°C)	Body Weight (gm.)	Interval betw. time of cessation of flying and time of blood sampling		Lactic acid (mg%)		
					Mean	Standard deviation	
15	20.9	331	min.	sec.	(M <sub>1</sub> )	32.9 ± 1.44	7.1 ± 1.02
			2	07	(M <sub>1</sub> )'	21.3 ± 0.51	2.5 ± 0.36
30	20.5	331	15	00	(M <sub>2</sub> )	31.3 ± 1.75	8.6 ± 1.24
			2	11	(M <sub>2</sub> )'	20.6 ± 1.03	5.1 ± 0.73
45	16.4	313	15	00	(M <sub>3</sub> )	29.5 ± 1.14	5.6 ± 0.81
			2	16	(M <sub>3</sub> )'	19.2 ± 0.90	4.4 ± 0.64
60	17.8	317		05	(M <sub>4</sub> )	30.1 ± 1.28	6.3 ± 0.91
			15	00	(M <sub>4</sub> )'	20.3 ± 0.87	4.3 ± 0.37
rest	14.3	330	—	—	(M <sub>5</sub> )	19.1 ± 0.50	2.5 ± 0.37

のである。

運動終了後 15 分にして乳酸量は最早平時のレベルに達して居ると見て差支へない様である。一見した所、15 分運動の場合には終了後 15 分の乳酸量が平時のレベルより可成高い様に見える。M<sub>1</sub>' ~ M<sub>5</sub> = 2.2 ± 0.71。即ち辛うじて誤差の 3 倍である。併し 15 分運動當時の平均気温は安静時の測定當時の気温より相當高い。略々同一の鳩を用ひて行つた安静時の血液乳酸量が 8 月には此處に記載されたものよりも約 10mg% 高かつた事から考へて、15 分運動當時の安静時の血酸量は此處に記載された 19.1 といふ値よりも 2 乃至 3mg% 高い筈だと云へない事もない様に思へる。

ともあれ、45 分及び 60 分運動の場合には他の 2 つの場合よりも著しく體重が軽くなつて居る。之は長時間の運動を連日の様に續けた爲である事に相違ない。何故なれば、安静時の乳酸量を測定しつゝある間に(此の期間約 1 週間、運動時間毎日 30 分) 體重は逸早くも舊に復して居つた。此結果は蓋し注目に價する。

### 結 語

15 分、30 分、45 分及び 60 分間自由に空中を飛翔せしめた後の傳書鳩の血液乳酸量を、運動終了後可及的速かに定量した結果、其等の測定値の間に殆んど有意義な差異を見出さなかつた。即、所謂 steady state の状態にある事を確めた譯である。但し此状態に於ける血液乳酸量は安静時のレベルよりも少許高く、其恢復には運動終了後少くも 15 分を要するものの如くであつた。

終に臨み、本研究は丹下教授の研究室に於て行はれたもので、同教授の好意に對し深甚なる謝意を表する。

### 文 獻

HILL, A. V., LONG, C. N. H. and LUPTON, H. (1924) Muscular exercise, lactic acid, and utilization of oxygen. Proc. Roy. Soc. 96, 438. 岡本正幹 (1937) 傳書鳩の運動生理に関する研究。I. 傳書鳩に於ける運動の血液 pH に及ぼす影響。動雜, 49, 178: II. 運動後に於ける血液乳酸の増加並にその恢復状態に及ぼす訓練の影響。動雜, 49, 411.