

家畜の労役生理に関する研究

VIII 労役終了1時間後における血中乳酸量・Oxygen Pulse ならびに 試験労役開始初期の脈搏曲線形間の関係

加藤正信・春本 直 (畜産学研究室)

Masanobu KATO and Tadashi HARUMOTO

Studies on the Physiology of Work in Domestic Animal

VIII. Interrelation existing among the Blood Lactic Acid, the Oxygen Pulse and the Shape of Pulse Rate Curve at the Early Stage of Test-work measured an Hour after the End of Preceding-work

I. 緒 言

著者らはいままで、山羊および和牛を用いて、血中乳酸量・体重1kg当りのOxygen pulse ならびに一定の試験労役開始初期の脈搏曲線の形に及ぼす前労役の影響について、それぞれ別々に、または二つを同時に検討した⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。その結果、これらの測定値は1時間前に既に終了した労役(前労役)の強度によって、かなり大きく影響されると同時に、測定時における家畜の状態、とくに疲労度との関係が深く、家畜の体力・役用能力の検定ならびに疲労度の判定に役立つ指数として大きな意義をもっていることがわかった。このように血中乳酸量・体重1kg当りのOxygen pulse・試験労役初期の脈搏曲線の形という三つの指数が同様な目的に用いられるものとすれば、同時に測ったこれら測定値の間には、かなりの相関が存在しなければならない。また実際にこれらの測定値を用いて家畜の状態ないし疲労度の判定を行なう場合に、測定値の実数そのまゝを用いるべきか、休息時の測定値に対する割合(倍率または百分率)をとるべきかについて検討する必要がある。本実験は上述の2点を確かめる目的で行なったものである。

II. 試験方法

生体重45~60kgの4才去勢山羊3頭(うちNo.1とNo.3は双子)を用いて、前労役として体重の20%のけん引抵抗で、30分間および60分間水平Treadmill(分速42.37m)上を水平飼引きで、けん引歩行させた。前労役終了後はすべての装具をはずして、Treadmill上におい

て立ったまゝで山羊に正確に1時間の休息を与えた後、直ちに一定の試験労役(けん引抵抗が体重の15%である以外、すべての方法は前労役と同じ)を課して、労役初期の脈搏曲線の形について調べた。脈搏数の測定は心搏数を聴診する方法によったが、前労役開始直前・終了後30分目および1時間目は測定時刻の1分前より1分後までの2分間を数えて1分間値に換算し、前労役終了直後・試験労役開始2分目・4分目・6分目の値はTreadmillのスイッチを切ると同時に、心搏数15を数えるに要する時間を計り、1分間値に換算した。この場合、心搏数15を数えるに要する時間は運動中止後15秒もかゝっていないのでCOTTON⁽⁶⁾、LE BLANC⁽⁷⁾、辰巳⁽⁸⁾らの言うように、このようにして得た心搏数は労役時の脈搏数と同じであるとみなしうる。呼気の採取はDOUGLAS bag法により前労役開始直前・終了後30分目および1時間目に3分間行ない、乳酸濃度測定用血液は頸静脈より約5cc採血し、前労役開始直前・終了直後・終了後30分目および1時間目に、いずれも脈搏数測定および呼気採取が終ると直ちに行なった。呼気の分析は常法により、血中乳酸の定量はHydroquinone法によった。試験期間は1957年5月7日より6月5日までで、その間の気温は16~22°C平均19°Cであった。

III. 試験結果および考察

2種の前労役、すなわち軽労役(けん引抵抗:20% B. W., 歩行時間:30分, けん引仕事量:11,500~16,000 kgm)と重労役(けん引抵抗:20% B. W., 歩行時間:

60分、けん引仕事量：23,0000~32,000kgm)を課し、同じ労役について、各山羊とも3日試験を反復して計18回試験を行なったが、労役開始前の休息値を各山羊について6回の平均であらわし、前労役終了直後・30分後・60分後および試験労役開始初期の脈搏曲線の形をあらわす式の値 $\left(\frac{b+c}{2} - a\right)$ を2種の労役について、それぞれ3回の測定値の平均で一括表示すれば第1表のようであり、血中乳酸量・脈搏数の変化の様相を休息値を1とした倍率で図示すれば第1図(A)(B)のようである。

第1表に示すように、休息時における山羊の血中乳酸

量は約 3.2~3.6mg %であり、著者ら⁽⁹⁾が前に山羊で得た値 4.7~7.1mg %と比べるとかなり低く、岡本ら⁽¹⁰⁾が褐毛和種を用いて得た値 24.2±5.84mg %とは大差があり、梅津⁽¹¹⁾の牛における 5~20mg %、緬羊における 9~12mg %と比べてもかなり低いようである。これらの測定値の差は定量方法の違いと供試家畜の種類および個体の差に基づくものと思われるが、血中乳酸量が0°~20°Cあたりでは気温の高低により不変であることはHARTら⁽¹²⁾も確認しているので、著者らが前回(平均気温 22.4°C)および今回(平均気温 19.0°C)の試験で得

Table 1 Changes of blood lactic acid, pulse rate, oxygen pulse and shape of pulse curve in test-work

Goat No.	Preceding work	Resting value			Immediately after work ended		30 min. after work		
		B. L. A. mg %	Pulse beats min.	O ₂ pulse cc kg	B. L. A. mg %	Pulse beats min.	B. L. A.		
							mg %	(%)	
No. 1	30 minutes' work	3.6 (100)	80.0 (100)	0.0645 (100)	10.5 (291.7)	178.0 (222.5)	6.5	(180.6)	
	60 minutes' work				12.3 (341.7)	186.0 (232.5)	8.9	(247.2)	
No. 2	30 minutes' work	3.2 (100)	67.2 (100)	0.0729 (100)	21.0 (656.3)	178.0 (264.9)	12.9	(403.1)	
	60 minutes' work				23.9 (746.9)	166.0 (247.0)	14.7	(459.4)	
No. 3	30 minutes' work	3.4 (100)	81.5 (100)	0.0650 (100)	7.8 (229.4)	174.0 (213.5)	3.6	(105.9)	
	60 minutes' work				11.8 (347.1)	172.0 (211.0)	6.1	(179.4)	
Goat No.	30 min. after work			60 min. after work				Early stage of test-work Pulse curve $\left(\frac{b+c}{2} - a\right)$	
	Pulse beats min.	O ₂ pulse		B. L. A.		Pulse beats min.	O ₂ pulse		
		cc kg	(%)	mg %	(%)		cc kg		(%)
No. 1	86.3 (107.9)	0.0537	(83.3)	5.1	(141.7)	77.3 (96.6)	0.0576	(89.3)	3.7
	90.3 (112.9)	0.0485	(75.2)	6.6	(183.3)	85.7 (107.1)	0.0552	(82.5)	8.8
No. 2	77.7 (114.6)	0.0629	(86.3)	6.1	(190.6)	72.3 (107.6)	0.0631	(86.6)	5.7
	93.3 (138.8)	0.0549	(75.3)	8.6	(268.8)	85.7 (127.5)	0.0560	(76.8)	6.7
No. 3	80.3 (98.5)	0.0562	(86.5)	2.9	(85.3)	75.0 (92.0)	0.0622	(93.5)	3.3
	89.0 (109.2)	0.0505	(77.7)	4.5	(132.4)	84.3 (103.4)	0.0484	(74.5)	3.7

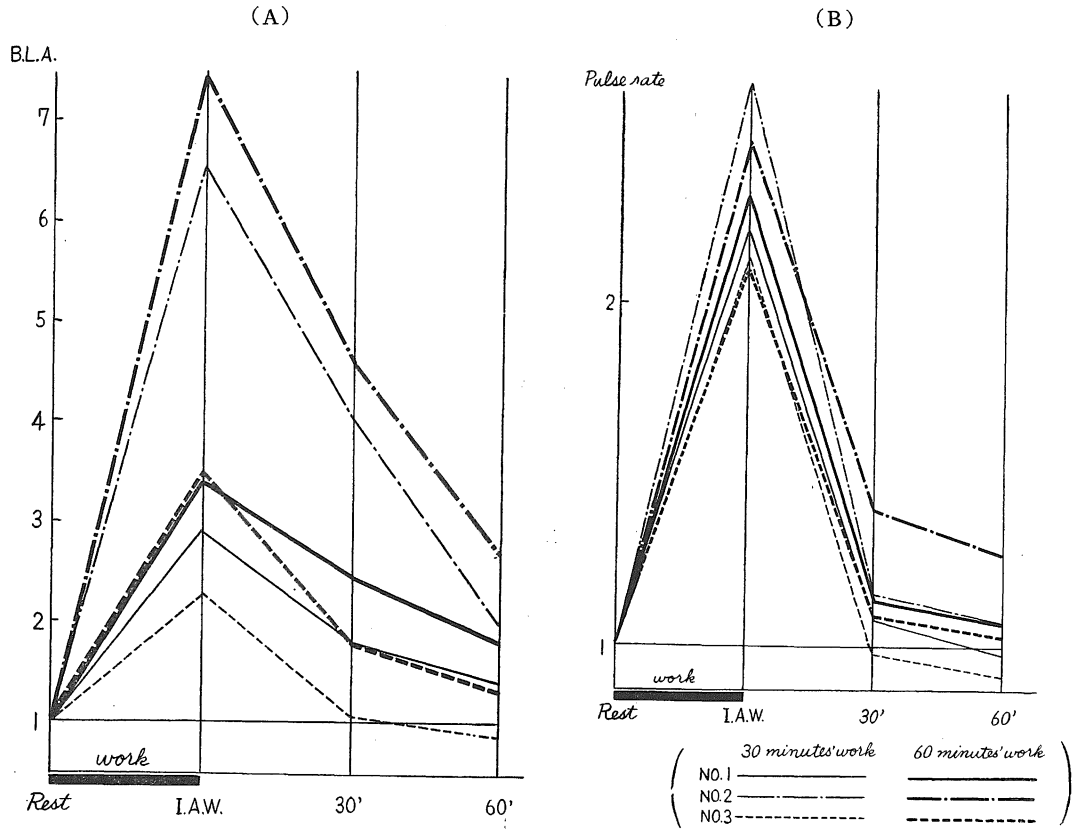


Fig. 1. Changes of blood lactic acid and pulse rate

た数値の差は気温の差によるものとは考えられない。

血中乳酸は労役によって著しく増大し、低い場合で約7mg%，高い場合には約30mg%にも達し、平均して休息値の2~3倍から7~8倍にもなる。この運動による上昇はHARTら⁽⁴⁾の結果とよく一致している。しかし個体差もかなりあって、第1図(A)に示すように、No.2は他の山羊に比して労役による上昇がとくに著しいようである。また、軽労役をした場合にはNo.3のように、労役終了後60分も経過すると、既に休息値に回復している個体もあるが、他の山羊はいずれも休息値の1.5~2.5倍にとどまり、しかもどの個体をみても、労役終了後60分目では重労役の場合の方が軽労役の場合よりも明らかに高い乳酸値を示している。この場合の乳酸値は、多くの研究者が言っているように、労役による疲労度との関係がとくに深いものと思われる。

次に脈搏数であるが、休息値は65~85で、山羊の正常値を示しているが、労役により2~2.5倍に増加し、労役終了後60分たてば、ほとんどの場合、もとの休息値に回復している。なお第1図(B)で明らかなように、血中乳酸の場合のような大きな個体差は認められない。また

労役終了直後の数値を既報の同条件で行なった試験⁽³⁾における15分労役の場合と比べると、測定値は若干高いが上昇率は必ずしも大きくなく、本試験における30分労役・60分労役の両者間にも大差がないばかりか、No.2, No.3の山羊では60分労役の方が30分労役よりもかえって低い数値がでている。これは本試験に使用した山羊がいずれもこの種の労役に対して経験歴が長く、よく慣れているので、この場合は60分労役でもSteady stateが成立したと推察せられる。しかし労役終了直後の脈搏数の測定値については辰巳ら⁽⁵⁾も指摘しているように、かなりの誤差を免れえないので、なお検討する余地があると思われるが、脈搏数は酸素消費量と相関が高く、WELLSら⁽⁶⁾は血中乳酸量とともに労働強度の指数としてこれを用い、人間の場合に、脈搏数が160以上(休息値の約2.5倍)血中乳酸が100mg%以上に増加した場合の労働をSevere workとして分類している。これらの点から考えても、本試験における60分間の前労役は山羊にとってはかなり重い労役と思われる。

Oxygen pulse (O₂ pulse) の休息値は0.65~0.75cc/kgで、われわれが従来山羊で得た値⁽³⁾⁽⁴⁾とほとんど変

らず、労役終了30分後には軽労役の場合には約85%、重労役の場合には75%となり、終了60分後にはそれぞれ約90%および80%と、いずれも約5%程度回復している。この労役終了60分後の体重1kg当りのO₂ pulseの低下割合は著者らが従来指摘してきたように⁽³⁾⁽⁴⁾疲労度との関係がとくに深いようである。

前労役終了後60分間の休息を与えた後に行なわれた試験労役の開始初期における脈搏曲線の形は $\frac{b+c}{2} - a$ (a: 2分値, b: 4分値, c: 6分値)の値が、軽労役後の場合は3.3~5.7, 重労役後の場合は3.7~8.8となっている。従来の報告⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾の通り、この数値の大小と疲労度の大小とは関係が深いように思われる。

以上のように、血中乳酸量・O₂ pulse・試験労役初期の脈搏曲線の形のいずれもが疲労度と密接な関係を有しているように思われるが、これら3者における個々の測定値を詳細にみると、第1表においても認められるように、山羊の個体により、また同一山羊においても測定日が異なると、その日の山羊の状態の違いによって、同じ労役を課しても測定値にかなり差が生じたり、軽労役を課しているのに重労役の場合よりもかえって疲労しているような場合が起ったりしている。疲労の本質上これは当然起りうることはあるが、同時に測定した血中乳酸量・O₂ pulse・ $\frac{b+c}{2} - a$ の値の3者間には毎回必ず正または負の直線的な関係が存在していなければならない。すなわち相互に相関があるはずである。そこで頭山羊についての全測定値について、労役の軽重に関係なしに前労役終了60分後における血中乳酸量・O₂ pulse・試験労役開始初期の脈搏曲線形 $\left(\frac{b+c}{2} - a\right)$ の相互関係を相関係数を算出して、一括表示すると第2表のようである。すなわち1%水準で有意の高い相関があるのは

Table 2. Interrelation among three items at 60 min. after work ended

Items	Correlation coefficients	Remarks
B. L. A. mg% — P. C.	+ 0.614	* *
B. L. A. mg% — O ₂ P. cc/kg	- 0.295	
B. L. A. mg% — O ₂ P. %	- 0.498	*
B. L. A. % — P. C.	+ 0.462	*
B. L. A. % — O ₂ P. %	- 0.267	
P. C. — O ₂ P. cc/kg	- 0.237	
P. C. — O ₂ P. %	- 0.363	

* * Highly significant at 1% level

* Significant at 5% level

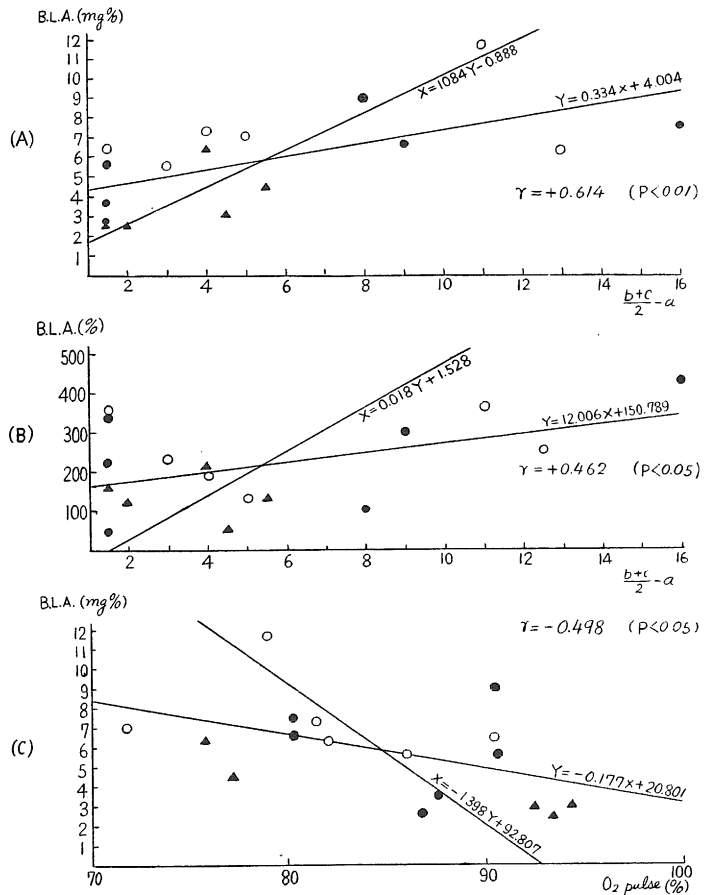


Fig. 2. Interrelation among blood lactic acid, shape of pulse curve and oxygen pulse at 60 min. after work ended

血中乳酸量実数 (mg%) と $\frac{b+c}{2} - a$ の値との間であり、血中乳酸量は休息値を 100% とした場合の% で表わしても $\frac{b+c}{2} - a$ の値との間に 5% 水準で有意の相関がある。O₂ pulse はこれを休息値に対する% で表わした場合、血中乳酸量 (mg%) との間に 5% 水準で有意の相関がある。これらの相関を図示すれば第 2 図 (A), (B), (C) のようである。

3 者のうち血中乳酸量の大小と $\frac{b+c}{2} - a$ の値の大小との間には、上述したようにとくに有意の高い相関があるところから考えると、試験労役開始初期における脈搏曲線の形を左右するものとして、血液中の乳酸濃度が大きく原因しているのではあるまいか。

また第 2 表に示すように、疲労度の判定を行なう場合、血中乳酸量は mg% で表わした値を、O₂ pulse は休息値に対する% で表わした値を、また試験労役開始初期における脈搏曲線の形は $\frac{b+c}{2} - a$ の値をそれぞれ用いることが最も適切であるようである。

IV. 要 約

4 才の去勢山羊 3 頭を用い、前労役として体重の 20% のけん引抵抗で 30 分間および 60 分間水平 Treadmill 上を、水平胴引きでけん引歩行させた。この軽重 2 種の前労役終了後、1 時間の休息を与えた後における血中乳酸量・体重 1kg 当りの Oxygen pulse・試験労役開始初期の脈搏曲線の形について調べ、大要次の結果をえた。

(1) 前労役終了 1 時間後の血中乳酸量・O₂ pulse・試験労役における脈搏曲線の形 ($\frac{b+c}{2} - a$ の値) は、いずれも前労役による疲労度と深い関係がある。

(2) 同時に測定したこれら三つの数値間には相関があるが、有意の高い相関を示したのは血中乳酸量 (mg%) と $\frac{b+c}{2} - a$ 、血中乳酸量 (mg%) と O₂ pulse (%) および血中乳酸量 (%) と $\frac{b+c}{2} - a$ である。

(3) 血中乳酸量と $\frac{b+c}{2} - a$ の値との間には、とくに

有意の高い正の相関があるところから考えると、試験労役初期の脈搏曲線の形を左右するのは血液中の乳酸濃度がおもに原因となっているのではないかと思われる。

(4) 家畜の疲労度判定のための指数としてこれらを用いる場合は、血中乳酸量は mg% で表わした値を、体重 1kg 当りの O₂ pulse は正常休息値に対する% で表わした値を、また試験労役開始初期における脈搏曲線の形には $\frac{b+c}{2} - a$ の値を用いるのが最適であると思われる。

参 考 文 献

- 1 上坂・加藤・春本：日畜会報 27 (3), 231~235, 1956.
- 2 上坂・加藤・春本：同 誌 28 (5), 291~294, 1957.
- 3 加藤・春本：同 誌 28 (5), 295~300, 1957.
- 4 加藤正信：同 誌 28 (6), 347~353, 1958.
- 5 加藤・田畑：同 誌 30 (5), 287~289, 1959.
- 6 COTTON, F. S. and D. B. DILL : Am. J. Physiol. 111, 554, 1935.
- 7 LE BLANC, J. A. : J. Appl. Physiol. 10 (2), 275~280, 1957.
- 8 辰巳・加藤・千葉・岡部：農技研報 G. 17, 59~66, 1959.
- 9 加藤・春本：未発表
- 10 岡本・大坪・石神：日畜会報 25 (2~4), 163~167, 1954.
- 11 梅津：家畜の生理学：25, 1954.
- 12 HART, J. S. and O. HEROUX : Am. J. Physiol. 176 (1), 452, 1954.
- 13 WELLS, J. G., B. BALKE and D. D. VAN FOSSAN : J. Appl. Physiol. 10 (1), 51~55, 1957.

Summary

The blood lactic acid (B. L. A.), the oxygen pulse per 1 kg. B. W. (O_2 pulse) and the shape of pulse rate curve (P. R. C.) at the early stage of test-work were studied with four castrated adult goats. These three were measured one hour after the end of preceding-work—30 and 60 minutes' walking on the horizontal treadmill with a draft of 20% body weight.

The principal results obtained are as follows:

1. It is considered that the B. L. A., O_2 pulse and P. R. C. measured after work can be used as indices showing the degree of fatigue.

2. The correlation coefficients obtained among these three are significantly high when we calculate B. L. A. by mg % or % of resting value, O_2 pulse by % of resting value and P. R. C. by the value of $\frac{b+c}{2}-a$ [a, b and c are pulse rates per minute measured at 2 min., 4 min. and 6 min. respectively after the test-work was started].

3. As the correlation existing between P. R. C. and B. L. A. is the highest, it is suggested that the shape of pulse rate curve at the early stage of test-work is mostly depend upon the lactic acid accumulation in blood.

4. When we are to use these value as indices of fatigue, it seems to be suitable that we express B. L. A. by mg %, O_2 pulse by % of resting value and P. R. C. at the early stage of test-work by the value of $\frac{b+c}{2}-a$.