

アドレナリンの静脈内注入がめん羊の反芻行動に及ぼす影響

春本 直*・溝端文則*・松井 徹*・藤原 勉*

Effect of Intravenous Infusion of Adrenalin on the Ruminating Behaviour in Sheep

Tadashi HARUMOTO, Fuminori MIZOBATA, Tohru MATSUI
and Tsutomu FUJIHARA

Rumination activity was measured in three sheep intravenously infused with adrenalin. In the first Expt, adrenalin was administered for 4 hr., that is, 9:00-13:00 or 13:00-17:00, in dose of 10 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$ body-weight. In the second Expt, adrenalin were infused during every 2 hr. of 13:00-15:00, 21:00-23:00 and 3:00-5:00, at a dose of either 20 or 10 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$ body-weight. Adrenalin infusion was made with an peristaltic pump at 50 ml of fluid volume per hour through the jugular vein catheter. In both experiments, the animals were offered the hay diets of 1% body weight as dry matter, at 9:00 and 17:00. The ruminating behaviour was recorded by using the strain gauge held under the jaw of sheep, for two days and three days in the 1st and 2nd Expts, respectively.

Adrenalin infusion shortend the daily ruminating time in the 1st Expt, and tended to reduce the daily ruminating time but the tendency was not significant in the 2nd Expt. The daily mean of parameters in rumination activities, such as number of boli, number of rumination periods and cyclic rate of regurgitation, were not so much affected by adrenalin infusion, in both experimets. The ruminating time markedly diminished during both periods of adrenalin infusion in the 1st Expt, but the ruminating time declined in the 2nd Expt, only for 13:00-15:00, the first period of adrenalin infusion in a day.

緒 言

反芻行動は、繊維質成分の多い粗剛な飼料を摂取する反芻動物にとって、再咀嚼による粗大飼料片の破碎作用や多量の唾液混入を行うことによって、ルーメン微生物の発酵作用を効率的に進めるための重要な作用を担っている¹⁾。一方反芻行動は、飼料の摂取量^{2~4)}や物理的^{5,6)}または化学的^{7,8)}性状の相違、あるいはその他の種々の要因^{9,10)}によって影響を受けることも明らかにされている。

反芻食塊の吐出は、第二胃に見られる特異的な三相性

収縮に同調して行われることが明らかにされており¹¹⁾、これら反芻動物の胃運動は、迷走神経經由による中枢神経^{12,13)}支配を受けることが知られているが、反芻発現の正確な機構については、なお不明な点が多い。

カテコールアミン系物質は、交感神経節後線維末端から分泌される神経伝達物質であるが、また副腎髄質ホルモンの主成分でもあり交感神経の興奮により分泌増加¹⁴⁾が起こる。また交感神経の興奮は、内臓などの平滑筋を弛緩させ胃運動を抑制することが知られている¹⁴⁾。

そこで本試験は、アドレナリンをめん羊の静脈内へ注

* 応用生物機能学講座

入した場合、反芻行動にどのような影響が現れるかを検討する目的で実施した。

試験方法

供試動物には、それぞれ日本コリデール種おす成めん羊3頭（平均体重±S.D. : 37.0±6.7 kg）を用い、アドレナリン注入方法の差に基づく2試験を行った。

実験1：めん羊はスタンション式の消化試験箱につなぎ、イタリアンライグラス乾草を3 cm に切断し、乾物で1日当たり体重の2%量を、9:00および17:00に等量分飼した。なお水とミネラルブロックは自由に摂取させた。7日間の予備飼育の後2日間を試験期とし、アドレナリンの注入時間を、9:00~13:00（午前処理区）あるいは13:00~17:00（午後処理区）のいずれかの4時間とする2処理区を設け、対照区を含めた3処理について3×3ラテン方格法による試験を実施した。

アドレナリン（L-アドレナリン：Sigma, St. Louis,

U. S. A.) は、生理的食塩水で溶解し、体重1 kg 当り10 μg/hr の注入量になるように調製し、めん羊の頸静脈に装着したシリコン製カテーテルを経由して、送液ポンプを用いて1時間当り50 ml の注入速度で注入を行った。それぞれのアドレナリン注入時間帯には、注入処理区以外のめん羊に対しても同量の生理的食塩水を注入した。

2日間の試験期間中は、連続的に反芻行動の測定を行った。測定方法は、めん羊に装着した革製無口の下顎部に1×4 cm の鉄板（金切り鋸歯を利用）に貼りつけたストレンゲージを固定し、顎の動きにより生じるゲージの歪みを電気信号に変換し、ペン書きレコーダーで記録した。

実験2：供試飼料として、3 cm に切断したアルファルファ乾草を用いた以外は、供試動物ならびに飼料の給与方法とも実験1の場合と同様である。7日間の予備飼育後5日間を試験期とし、試験期間中は毎日13:00~

Table 1. Rumination activity for a day of sheep infused intravenously adrenalin (10μg/hr·kg) during either four hours at 9:00~13:00 or 13:00~17:00

	Time of Adrenalin infusion		Control
	9:00~13:00	13:00~17:00	
Ruminating time(min/day)	388.4±97.8 ^a	400.6±78.2 ^a	501.7±78.2 ^b
No. of boli regurgitated/day	467.0±118.3	457.8±99.8	568.8±77.9
Cyclic rate of regurgitation(sec)	49.9±1.3 ^a	52.8±3.5 ^b	53.3±2.8 ^b
No. of rumination periods/day	21.7±4.8	19.7±4.5	21.0±3.2

* Mean±S. D. of 2 day observations with three sheep.

a,b Means within rows without a common superscript differ (P<.05).

Table 2. Rumination activity for 4-hour periods of sheep infused intravenously adrenalin (10 μg/hr·kg) during either four hours at 9:00~13:00 or 13:00~17:00

	Time of adrenalin infusion		Control
	9:00~13:00	13:00~17:00	
9:00-13:00			
Ruminating time(min)	9.4±14.4 ^a	43.5±19.4 ^b	39.3±20.7 ^b
No. of boli regurgitated	11.7±19.1 ^a	48.2±22.2 ^b	44.7±24.0 ^b
Cyclic rate of regurgitation(sec)	25.5±28.2 ^a	54.3±7.7 ^b	52.9±5.2 ^b
No. of rumination periods	0.8±1.2	1.7±0.8	1.8±1.0
13:00-17:00			
Ruminating time(min)	67.3±21.5 ^a	31.1±24.8 ^b	104.2±22.3 ^c
No. of boli Regurgitated	85.5±28.9 ^a	33.5±25.0 ^b	119.3±24.0 ^a
Cyclic rate of Regurgitation(sec)	47.3±3.5	45.1±22.9	52.3±2.9
No. of rumination periods	5.0±2.0	2.8±2.3	4.5±0.5

* Mean±S. D. of 2 day observations with three sheep.

a,b,c Means within rows without a common superscript differ (P<.05).

Table 3. Rumination activity for a day of sheep infused intravenously adrenalin in different levels (20 μg or 10 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$) during every two hours at 13:00~15:00, 21:00~23:00 and 1:00~3:00

	20 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$	10 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$	Control
Ruminating time(min/day)	349.2 \pm 70.4*	368.0 \pm 10.4	395.4 \pm 43.3
No. of boli regurgitated/day	366.8 \pm 25.5	368.9 \pm 16.7	406.7 \pm 35.3
Cyclic rate of regurgitation(sec)	56.9 \pm 8.7	59.9 \pm 2.0	58.3 \pm 1.5
No. of rumination periods/day	18.8 \pm 3.8	20.9 \pm 3.0	21.3 \pm 4.7

* Mean \pm S. D. of 3 day observations with three sheep.

Table 4. Rumination activity for each 2-hour periods infused intravenously adrenalin (20 μg or 10 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$) in sheep

	20 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$	10 $\mu\text{g/hr}\cdot\text{kg}$	Control
13:00-15:00			
Ruminating time(min)	27.0 \pm 7.0 ^a	24.6 \pm 7.0 ^a	57.0 \pm 21.8 ^b
No. of boli regurgitated	28.1 \pm 1.8 ^a	24.3 \pm 4.9 ^a	60.9 \pm 23.1 ^b
Cyclic rate of regurgitation(sec)	57.1 \pm 11.9	60.1 \pm 5.1	56.1 \pm 0.2
21:00-23:00			
Ruminating time(min)	23.1 \pm 14.8	30.9 \pm 19.5	37.1 \pm 7.6
No. of boli regurgitated	24.2 \pm 15.3	30.7 \pm 16.7	40.5 \pm 6.8
Cyclic rate of regurgitation(sec)	59.9 \pm 10.0	58.1 \pm 6.5	54.9 \pm 3.2
1:00-3:00			
Ruminating time(min)	52.4 \pm 7.4	63.8 \pm 21.7	72.7 \pm 11.8
No. of boli regurgitated	54.5 \pm 16.6	60.4 \pm 19.8	71.8 \pm 15.1
Cyclic rate of regurgitation(sec)	59.4 \pm 9.1	63.1 \pm 1.8	61.3 \pm 4.0

* Mean \pm S. D. of 3 day observations with three sheep.

^{a,b} Means within rows without a common superscript differ ($P < .05$).

15:00, 21:00~23:00および3:00~5:00のそれぞれ2時間ずつ、1日3回アドレナリンの頸静脈内注入を実施した。アドレナリン注入量は、体重1kg当り10 $\mu\text{g/hr}$ および20 $\mu\text{g/hr}$ の2処理とし、対照区を含めて3 \times 3ラテン方格法による試験を行った。

反芻行動の測定は、試験期間中の最後の3日間について実験1と同様の方法で、連続的に記録した。

試験結果

実験1:午前(9:00~13:00)あるいは午後(13:00~17:00)のいずれか4時間にアドレナリン注入を行った場合の、1日当りの反芻行動に現れた結果を示すと第1表の通りである。反芻時間は、対照区に比べ、いずれのアドレナリン注入区でも約20%の減少を示し($P < .05$)、また吐出周期が午前注入区で有意に短縮した($P < .05$)。しかし吐出回数と反芻期数には差が認められなかった。

アドレナリンあるいは生理的食塩水の注入が行われた4時間の時間帯に観測された反芻行動の結果は、第2表に示すとおりである。アドレナリン注入時間中の反芻行動は、午前および午後いずれの処理区においても著しく抑制され、反芻時間と吐出回数が対照区に比べて有意に減少した($P < .05$)。とくに午前注入区では、アドレナリン注入が行われた9:00~13:00の反芻時間ならびに吐出回数は、対照区のほぼ25%にまで減少し、吐出周期も著しく短縮した。

実験2:通常の反芻行動が、比較的盛んに行われる時間帯である13:00~15:00, 21:00~23:00および3:00~5:00のそれぞれの時間に、異なる濃度でアドレナリン注入を行った場合の1日当り反芻行動の結果は、第3表に示すとおりである。反芻時間は、対照区(395分)に比べて10 $\mu\text{g/hr}$ 注入区(368分)、20 $\mu\text{g/hr}$ 注入区(349分)と注入濃度が高くなるにつれて減少する傾向を示し、吐出回数も注入区で減少したが、いずれも有意な

差ではなかった。

アドレナリン注入時間中の、それぞれ2時間に測定した反芻行動の結果は、第4表に示すとおりである。13:00~15:00の反芻時間および吐出回数は、対照区に比べてアドレナリン注入区で有意に減少した ($P < .05$)。その他の時間帯では、注入区で減少する傾向にあったが有意な差ではなかった。また吐出周期は、いずれの時間帯においても明らかな変化は認められなかった。

考 察

反芻動物の消化器運動が、神経系あるいは体液性調節を受けていることは一般に知られているところである。反芻動物の第二胃の特異的な三相性収縮に端を発する反芻行動の発現は、第一胃あるいは第二胃上皮に存在する受容体への物理的な刺激によって引き起こされることが確かめられている。^{15,16)} 一方、脳幹部(視床下部、橋あるいは延髄)に胃運動の神経中枢が存在することも明らかにされており、迷走神経の切断により反芻動物の前胃に固有な、一定の周期性をもつ収縮運動や反芻行動が停止することが認められている。¹³⁾ さらにこれら胃運動は、局在性の腸筋層間神経叢により、迷走神経とは独立した支配も受けており、その複雑性が示唆されている。従来、種々の神経伝達物質やその関連物質あるいは阻害剤が、反芻動物の前胃運動に及ぼす影響についての検討が行われているが、²¹⁾ その神経支配の詳細な機構については十分に解明されていない。

反芻行動は、普通24時間を通して繰り返し発現するが、とくに外部から受ける刺激が少ない夜間に多く行われ、わずかな物音あるいは動物や管理者の接近などによって中断される。²²⁾ 反芻動物では、他の動物種で認められるような全く意識の無い深い睡眠状態におちいることはごく稀であると言われている。²³⁾ しかし、反芻動物の傾眠状態(somnolence)あるいは反芻時に現れる脳波は、他の動物の睡眠時に示される低周波、高振幅の脳波波形(徐波)に類似していることが明らかにされている。²⁴⁾ 一般に交感・副交感両神経系は、器官の活動を促進もしくは抑制する拮抗的な相互支配を行っており、睡眠や休息中には副交感神経活動は亢進に傾くと言われている。¹⁴⁾ 反芻動物が安定した反芻行動を行う場合は副交感神経亢進と関連し、他方、外部からのストレスや緊張時の反芻中断あるいはその抑制は、交感神経亢進に伴う生理的な反応の結果によるものであろうと推測される。

本試験の結果、午前あるいは午後いずれか4時間に10 $\mu\text{g}/\text{hr}\cdot\text{kg}$ のアドレナリン注入を行った実験1では、1日当りの反芻時間が有意に減少し、とくに注入時間中の

反芻時間が対照区に比べて顕著に短くなった。これらの事実は、アドレナリン注入が反芻行動の発現になんらかの抑制効果をもたらしたものと推測できる。しかし、10あるいは20 $\mu\text{g}/\text{hr}\cdot\text{kg}$ の濃度で1日三回各2時間のアドレナリン注入を行った実験2では、いずれの濃度でも対照区と比べ1日当り反芻時間に有意差が認められなかった。一方アドレナリン注入に対する反芻時間の減少が、1日の最初の注入時間である13:00~15:00の間のみ現れ、その他の注入時間中には反芻時間の抑制効果が認められなかった。細胞に存在するホルモン受容体の数は、生理的に調節されており、例えば、数分~数時間の間、アドレナリン β 受容体作用物質を反応させた細胞は、さらにその作動薬を追加しても生物的応答は消失し、その後作用物質を除くと受容体が復帰し感受性が回復する。²⁵⁾ 従って実験2での、二回目以降のアドレナリン注入時は、このような脱感作の継続している時間中で、反芻抑制の作用が現れなかったのではないかと考えられる。

Duncan²⁶⁾ は、両側迷走神経切断後のめん羊にアセチルコリンあるいはアドレナリンを静脈注射することにより、いずれの場合も同様に第一・二胃運動が抑制されることを認め、アセチルコリンによる胃運動の抑制は副腎髄質からのアドレナリン放出に起因すると推察している。

また Kay²⁷⁾ は、ごく短時間(5秒間)のアドレナリン静脈注入では、めん羊の反芻が誘起されるが、2分間かけて注入した場合には反芻は起こらなかったと報告している。このようなアドレナリンの短時間注入で誘起される反芻は、前胃の末梢部に存在する α_2 アドレナリン作動性受容体への刺激が、 β 受容体の感受性を上昇させた結果であろうと推察されている。^{28,29)}

本試験では、交感神経の興奮が反芻行動の抑制に関連があるのではないかと考えたが、供試めん羊に注入したアドレナリンの影響と、交感神経興奮により副腎髄質から放出増加の起こるアドレナリンが生体へ及ぼす影響との間に、同じような作用があったかどうかは明らかではない。しかし、上述した Duncan の試験結果から推測すれば、本試験結果の一部に認められたアドレナリン注入による反芻抑制の効果は、アドレナリンが末梢受容体へ作用し、迷走神経求心線維を介して胃運動中枢の抑制を行った可能性がある。他方、アドレナリンは生体内の各種反応に影響を及ぼすので、体内代謝系のある種の変化が中枢に作用して、反芻行動の抑制を行ったことも考えられる。これらの点に関しては、今後さらに検討すべき多くの問題が残されているものと思われる。

摘 要

アドレナリンの頸静脈内注入が、反芻行動に及ぼす影響について検討するため、それぞれ3頭のめん羊を供試した二実験を行った。

実験1では、9:00~13:00あるいは13:00~17:00のいずれかの4時間に、10 µg/hr·kg. BW の速度で、2日間アドレナリン注入を行い、反芻行動を記録した。

実験2では、13:00~15:00, 21:00~23:00および3:00~5:00の各2時間あて、1日3回、10または20 µg/hr·kg, BW の速度で、5日間のアドレナリン注入を行い、最後の3日間の反芻行動を記録した。両実験とも、乾物で体重の2%の乾草を9時と17時に等量分飼した。結果の概要は次の通りである。

(1) 実験1では、1日当り反芻時間がいずれの注入区においても、対照区に比べて約20%の有意な減少を示したが、実験2では、いずれの注入濃度でも、対照区との間に有意差は認められなかった。

(2) 吐周期が、実験1の午前注入区で有意に短縮した以外は、両実験を通じて、1日平均の吐出回数、吐出周期、反芻回数にアドレナリン注入による影響は現れなかった。

(3) 実験1では、アドレナリン注入時間中における反芻行動の顕著な抑制が認められたが、実験2では13:00~15:00の時間帯にのみ、注入による反芻行動抑制の影響が認められた。

引 用 文 献

1. HAUNGATE, R. E.: *The Rumen and Its Microbes*, Academic Press, New York 1966, p. 178-181.
2. GORDON, J. G.: *J. Agric. Res.*, **64**: 151-155, 1965.
3. WELCH, J. G. and SMITH, A. M.: *J. Anim. Sci.*, **28**: 827-830, 1969.
4. 春本 直・加藤正信: *日畜会報*, **50**: 155-160, 1979.
5. GORDON, J. G.: *J. Agric. Res.*, **51**: 78-80, 1958.
6. WESTON, R. H. and HOGAN, J. P.: *Aust. J. Agric. Res.*, **18**: 789-801, 1967.
7. HANCOCK, J.: *Anim. Breed. Abst.*, **21**: 1-13,

- 1953.
8. PEARCE, G. R.: *Aust. J. Agric. Res.*, **16**: 635-648, 1965.
9. GORDON, J. G.: *World Rev. Nutr. and Dietetics*, **9**: 251-273, 1968.
10. GONYOU, H. W., CHRISTOPHERSON, R. J. and YOUNG, B. A.: *Appl. Anim. Ethol.*, **5**: 113-124, 1979.
11. BALCH, C. C.: *Br. J. Nutr.*, **6**: 366-375, 1952.
12. BELL, F. R. and LAWN, A. M.: *J. Physiol.*, **128**: 577-592, 1955.
13. DUNCAN, D. L.: *J. Physiol.*, **119**: 157-169, 1953.
14. 真島英信: *生理学(17版)*, 文光堂 東京 1978, p. 117-130, 534-536.
15. SCHALK, A. F. and AMADON, R. S.: *North Dakota Exp. Sta. Bull.* 216, 1928.
16. ASH, R. W. and KAY, R. N. B.: *J. Physiol.*, **139**: 23-24, 1957.
17. IGGO, A.: *J. Physiol.*, **131**: 248-256, 1956.
18. HARDING, R. and LEEK, B. F.: *J. Physiol.*, **219**: 587-610, 1971.
19. GREGORY, P. C.: *J. Physiol.*, **328**: 431-447, 1982.
20. GREGORY, P. C.: *J. Physiol.*, **346**: 379-393, 1984.
21. RUCKEBUSCH, Y.: *J. Vet. Pharmacol. Therap.*, **6**: 245-272, 1983.
22. BELL, F. R. and LAWN, A. M.: *Brit. J. Anim. Behav.*, **5**: 85-89, 1957.
23. BALCH, C. C.: *Nature*, **175**: 940-941, 1955.
24. BELL, F. R.: *Anim. Behav.*, **VIII** 1-2: 39-42, 1960.
25. 上代淑人(監訳): *ハーバー・生化学(原著21版)*, 丸善東京 1988, p. 504-505.
26. DUNCAN, D. L.: *J. Physiol.*, **125**: 475-487, 1954.
27. KAY, R. N. B.: *Nature*, **183**: 552-553, 1959.
28. LEEK, B. F. and STAFFORD, K. J.: *J. Physiol.*, **388**: 16P, 1987.
29. NICHOLSON, T., OSMAN, K. J. and BELKHIRI, M.: *J. Vet. Pharmacol. Therap.*, **11**: 276-282, 1988.