搾乳牛の肥満と分娩前後における血中脂質 成分およびビタミンA濃度の変動

木村容子^{*1)} 小泉俊二^{*1)} 斉藤友喜^{*2)} 須藤平次郎^{*2)} 本好茂一^{*3)}

(昭和 63 年 1 月 29 日受理)

Changes in Blood Lipid Components and Vitamin A in Obese Dairy Cows in Peripartum
YOHKO KIMURA (Institute of Animal Health, Prefecture of Gunma, Fujimimura,
Gunma 371-01), SHUNJI KOIZUMI, TOMOYOSHI SAITO, HEIJIROH SUTOH,
and SHIGEKATSU MOTOYOSHI

SUMMARY

Twelve obese dairy cows were administrated with 50,000 IU of vitamin A every day from 8 weeks prepartum to 13 weeks postpartum. One week before parturition, body weight was 805.2 kg on the average, showing a tendency to be obese. Plasma glucose level increased at the parturition, decreased thereafter and showed a minimum 4 days postpartum. The level of nonesterified fatty acids and ketone bodies increased from parturition. A high level continued until 2 weeks after calving. Plasma cholesterol, phospholipid and vitamin A concentrations began to decreased 3 weeks prepartum and remained at a low level until 3 weeks postpartum. Vitamin A level in the milk showed 424.4 IU/dl on the average at parturition and then decreased rapidly until one week after calving.

It was concluded that cows showing a tendency to be obese before parturition were apt to suffer from an insufficient ingestion of energy after parturition. Then, a low level of vitamin A in plasma in these cows after parturition was considered to be affected with metabolism of retinol-binding protein in the livers as a result of fatty liver caused by mobilization of body fat reserve.

要 約

搾乳牛の肥満と体内ビタミンAの動態との関連について究明する試験の一環として、分娩前に肥満の傾向が認められた 12 頭の牛群を用いて分娩前 8 週から分娩後 13 週まで、ビタミン A 50,000 IU を連日経口投与し、経時的に血液および牛乳を採取して脂質成分とビタミンA濃度を測定した。

供試牛の分娩前 1 週の平均体重は 805.2 kg で、体重・体高比の平均は 545 であり、肥満の傾向が強く認められた。血漿グルコースは分娩前ではプラトーな推移を示し、分娩当日に一過性の増加を示した後低下し、4 日後に最低値に達し、以後漸増した。遊離脂肪酸とケトン体は類似した変動を示し、分娩前はほとんど変動せず、分娩当日から増加し、5 日目に各々 1,163.2 μ Eq/l, 1,500.3 μ M/l の最高値を示した後、3 週目までに急速に減少した。総コレステロールとリン脂質も類似した変動を示し、分娩前 3 週から減少し始め、分娩翌日に最低値を示し、3 週後まで低値が継続した後漸増した。血漿ビタミンAは試験開始時平均で 81.9 IU/dl あり、連日 50,000 IU を投与したにもかかわらず、分娩前 3 週から低下し、分娩後 3 日目に平均で 40.5 IU/dl の最低値に達し、2 週目まで同様な低値が継続した後急激に増加した。これら供試牛の分娩後の乳汁中ビタミンA濃度は、分娩当日の初乳において平均で 424.4 IU/dl を示し、初乳期では 100 IU/dl 以上の値を維持し、分娩後 2 週目からは 44.7 から 71.2 IU/dl の範囲で推移した。

以上の結果から、分娩前に肥満の牛ほど分娩後に体脂肪の動員が顕著に現われることが明らかとなった。そして、分娩前から大量のビタミンAを投与していたにもかかわらず、分娩後に認められた血漿ビタミンAの低値は、摂取エネルギーの不足に伴った体脂肪の動員に伴う脂肪肝の発生が

*1) 群馬県家畜衛生研究所 (勢多郡富士見村小暮 2416)

*2) 群馬県畜産試験場 (勢多郡富士見村小暮 2425)

*3) 日本獣医畜産大学 (東京都武蔵野市境南町 1-7-1)

あったため、肝臓でのレチノール結合蛋白代謝が阻害され、血中へのビタミンAの転送が障害された結果であると推察される。

この20数年間に搾乳牛は、育種学的遺伝能力の改良によって産乳能力がきわめて向上し、高泌乳牛といわれる牛がまれではなくなってきた。いっぽう、搾乳牛の飼養技術の進展もめざましく、高泌乳牛に適した飼養管理が定着しつつある。高泌乳牛は、泌乳初期から最盛期にかけて大量の蛋白とエネルギーを要求する。それゆえ、昨今の飼料給与形態では泌乳末期から乾乳期にかけて正のエネルギーバランスとなる傾向が強く、過剰となったエネルギーは体脂肪に蓄積して肥満が進み、いわゆるオーバーコンディションに陥りやすい。また、高泌乳牛に対する新しい飼養技術の普及に伴って、搾乳牛のボディコンディションを的確に判定する必要が生じてきた。WILDMAN²⁰⁾は後軀4分の1の触診だけで5段階の栄養状態に区分し、熊谷⁹⁾も同様の方法を採用している。さらに、客観的に肥満や消瘦を判定する方法も検討され、宮川⁷⁾は体高と胸囲の比を求め、宇田¹⁹⁾は乾乳時の体重と体高の比で栄養状態を判定している。著者ら⁴⁾は分娩後高泌乳であった牛群において、分娩直後をピークとした血中グルコースの低下、遊離脂肪酸とケトン体の増加およびビタミンAの低値について報告した。

そこで今回は、搾乳牛の肥満とビタミンAの動態について究明する目的で、分娩前から十分量のビタミンAを投与した肥満傾向の強い牛群を用いて、分娩前後のエネルギー代謝の変化に伴う血中脂質成分と血漿および乳汁中ビタミンA濃度の変動について観察した。

1. 材料および方法

1) 供試牛と調査期間

供試牛は、群馬県畜産試験場に飼養されている2産から6産までのホルスタイン種12頭である。

調査期間は、1984年5月から1985年12月までである。

2) 検査項目と方法

12頭の供試牛には分娩前8週から分娩後13週まで、ビタミンA 50,000単位を連日経口投与した。採血はこの間、毎週1回行ったが、分娩日から5日間は毎日実施した。牛乳の採取は分娩直後から各搾乳時ごとに実施した。給与飼料は畜産試験場の慣行的な飼養形態にしたがって、乾乳期においてはコーンサイレージと乾草を主体に給与し、分娩前2週からはTDN 72%, DCP 13%, 粗線維 17% 前後のコンプリートフィードを徐々に増加給与し、分娩後は自由採食させた。

体重は毎週牛衡計で測定し、乳量はロータリーパーラーに設置された自動乳量記録装置で毎日測定し、各週ごとの平均値を求めた。グルコース、総コレステロールと

リン脂質は酵素法で測定し、遊離脂肪酸(以下、NEFA)はACS-ACOD法で、総ケトン体はジアゾニウム塩カップリング反応で測定した。血漿および牛乳中のビタミンAは、高速液体クロマトグラフ法で測定し、牛乳は各搾乳時ごとに検査し、検査当日の平均値を求めた。

2. 成績

供試牛12頭のボディコンディションは表1に、体重と乳量の変動は図1に示した。

本試験では供試牛のボディコンディションを把握する方法として、分娩前のscoreおよび体重と体高の比を求めた。12頭の乾乳時のscoreは7頭が(5)と判定された。また、乾乳時の体重は648から862kgの範囲にあり、体高は147から153cmの範囲にあった。これらの値から求めた体重・体高比は440から599の範囲にあり、いわゆる適正値とされている460から480に比較するときわめて高い値を示し、乾乳時から全体的に肥満の度合いが強かった。

供試牛の試験開始時の平均体重は774.0±74.5kgで、分娩1週では805.2±72.1kgまで増加し、分娩後1週では平均で717.6±58.0kgまで減少した。その後、7週まで増減を繰り返したが、試験終了時にはやや増加した。

表1 供試牛のBody condition scoreおよび体重・体高比

牛 No.		乾 乳 時				分娩前1週	
		score	体重	体高	体重・ 体高比	体重	体重・ 体高比
試	1	(3)	678	149	455	739	500
	2	(5)	862	144	599	898	624
	3	(5)	821	150	547	870	580
	4	(5)	836	147	569	874	595
	5	(5)	850	149	570	876	588
驗	6	(3)	701	143	490	753	527
	7	(3)	690	147	469	718	488
	8	(5)	804	147	547	809	550
牛	9	(3)	648	147	440	667	454
	10	(4)	774	153	505	815	533
	11	(5)	823	151	545	831	550
	12	(5)	801	147	545	812	552
平均值			774.0	147.8	523.4	805.2	545.1
対 照 牛	1	(3)	627	145	432	704	486
	2	(3)	613	143	429	668	467
	3	(3)	583	137	426	636	464
	4	(3)	640	142	451	737	519
	5	(3)	627	141	441	731	518
平均值			618.0	141.6	435.8	695.2	490.8

図1 肥満牛の分娩前後における体重と乳量の変動

図2 肥満牛の分娩前後における総コレステロールとリン脂質の変動

分娩後の1日産乳量は、1週目では平均で 27.4 ± 4.6 kgを示し、その後急速に増加して6週目に 34.2 ± 4.6 kgの最高値に達し、以後漸減した。

血中総コレステロールとリン脂質の変動は図2に、NEFAと総ケトン体の変動は図3に、ビタミンAとグルコースの変動は図4にそれぞれ示した。

総コレステロールとリン脂質の変動は類似しており、試験開始時には平均でそれぞれ 88.3 ± 9.8 mg/dl, 105.3 ± 18.1 mg/dlを示し、分娩前3週から減少しはじめ、いずれも分娩翌日に総コレステロールは 42.1 ± 9.7 mg/dl, リン脂質は 56.8 ± 12.7 mg/dlの最低値を示した。そして、分娩後3ないし4週まで低値が継続し、その後急

図3 肥満牛の分娩前後における遊離脂肪酸と総ケトン体の変動

図4 肥満牛の分娩前後における血漿中ビタミンAとグルコースの変動

速に増加して試験終了時の分娩後13週には平均で各々 141.3 ± 35.8 mg/dl, 164.1 ± 32.6 mg/dlとなった。

NEFAと総ケトン体も類似した変動を示し、試験開始時から分娩前1週までは生理的な範囲の値ではほぼプラトーな推移を示した。分娩当日の両者は一過性に著明な増加を示し、分娩翌日にはやや減少する傾向がみられたが、その後急激に増加し、NEFAは分娩後2週目まで平均で626.9から1,163.2 μ Eq/lの範囲の高値を示し、総ケトン体は3週目まで510.4から1,500.3 μ mol/lの範囲の

図5 肥満牛の分娩後の乳汁中ビタミンAの変動

高値を示した。分娩後3ないし4週からの両者では、NEFAは分娩前に比較するとやや低い値で、総ケトン体は逆にわずかに高い値ではぼプラトーな推移を示した。

試験開始時の血漿ビタミンA濃度は平均で 81.9 ± 33.0 IU/dlを示し、試験開始と同時にビタミンA 50,000 IUを連日投与した。しかし、投与開始後も血漿ビタミンAはほとんど増加する傾向がみられず、分娩前3週から減少しはじめ、分娩後3日目に 40.5 ± 13.8 IU/dlの最低値を示した。そして、同様な低値が分娩後2週目まで継続した後3週目から急激に増加し、試験終了時には平均で 103.3 ± 33.8 IU/dlとなった。

血漿グルコースは、分娩前においてはプラトーな推移を示したが、分娩当日には平均で 95.8 ± 41.6 mg/dlと一過性の著明な増加を示した。分娩後のグルコースは急速に減少して4日目に 47.7 ± 10.7 mg/dlの最低値を示し、その後漸次増加して試験終了時には平均で 66.0 ± 9.2 mg/dlであった。

分娩後の乳汁中ビタミンA濃度の変動は、図5に示した。

乳汁中のビタミンA濃度は、分娩当日の初乳においては 424.4 ± 124.3 IU/dlと著明な高値を示し、その後急速に減少したが、分娩後5日目までの初乳期では100 IU/dl以上の高い値を維持し、分娩後4から7週目の最高泌乳期には平均で 44.7 IU/dlから 48.6 IU/dlの範囲の低い値を示した後、やや増加して 54.2 IU/dlから 71.2 IU/dlの範囲で推移した。

3. 考 察

MORROW⁹⁾は体重680から820 kgのホルスタイン種にFat Cow Syndromeの発生をみており、FRONK¹⁾は、分娩前にコーンサイレージと配合飼料を多給して作

出したオーバーコンディション牛の分娩前の体重は775から812 kgの範囲であったと記載している。本試験の供試牛は乾乳時のボディコンディションスコアが12頭中7頭において(5)と判定され、乾乳時の体重は、648から862 kgの範囲で、12頭中7頭が800 kg以上で肉眼的に肥満の傾向が感じられた。そこで、肥満の程度を客観的に評価する方法として宇田ら¹⁰⁾の方法にしたがい、体重と体高の比を求めた。その結果、乾乳時の平均値は523、分娩前1週の平均値は545であり、12頭中9頭が乾乳時からすでに適正值の上限を上回る値を示し、この方法によっても強度の肥満症状を呈する牛群であったことが判明した。

TOMLINSON¹⁷⁾は³H-ビタミンAアルコールを静脈内に投与された8頭のアンガス種の肝臓、血清、初乳および常乳中の放射活性を調べている。そして、分娩後2時間以内の肝臓では 225 ± 17 μg/g、血清では 28 ± 2 μg/g、初乳では 261 ± 39 μg/gのビタミンAが保有されていたが、分娩後5から11日の肝臓では 221 ± 19 μg/g、血清では 34 ± 1 μg/g、常乳では 23 ± 2 μg/gであったと報告している。また、THOMPSON¹⁰⁾は十分なビタミンAが補給されていた牛において、妊娠末期の血漿ビタミンAの低下を見だしており、これは初乳生産に由来する低下であろうと推察している。

本試験の12頭の供試牛は、試験期間中臨床的には著変を認めなかったが、分娩前4ないし3週から総コレステロールとリン脂質の低下が認められた。いっぽう、試験開始時(分娩前8週)から毎日50,000単位のビタミンAを経口投与したにもかかわらず、血漿中ビタミンA濃度は増加を示さなかったが、これは投与したビタミンAがただちに肝臓に貯蔵されたためと考えられる。その後、供試牛の血漿ビタミンAは、分娩前3週から急激に減少しはじめた。この減少は、分娩当日の初乳中に平均で 424.4 IU/dl ($314.9 \sim 609.7$ IU/dl)のビタミンAを検出したことから、乳腺における初乳生産のため、血中から大量のビタミンAが動員された結果であると考えられ、搾乳牛におけるビタミンA代謝は、糖代謝と同様に分娩前後に大きな変動を示すことが明らかとなった。なお、著者らの初乳中ビタミンA濃度はTOMLINSON¹⁷⁾の報告に比較するとやや低い値であるが、これは彼らが分娩後2時間以内の初乳を検査しているのに比べ、著者らは分娩当日の合乳について測定していることによる違いであると思われる。さらに、血漿ビタミンAと同時に認められた総コレステロールやリン脂質の低下は、初乳中の乳脂合成に消費されたものと推察される。そして、乳汁中のビタミンAは分娩後の経過日数に伴って急速に減少し、1週間後には常乳の値になった。しかし、血漿ビタミンAの著明な低値は、分娩後2ないし3週まで継続した。従来より、血漿ビタミンAの低下は肝臓のビタミ

ンA貯蔵量の減少を反映していると考えられており^{13,19)}, これは著者らの肥育牛における調査⁹⁾でも同様な結果が得られている。本試験の供試牛は分娩前8週から毎日50,000 IU のビタミンAを投与していたため、初乳中に大量のビタミンAを消費したとしても、それだけで肝ビタミンA貯蔵量が枯渇したとは考えられなかった。さらに、これらの供試牛は分娩直後から血漿グルコースが低下し、遊離脂肪酸と総ケトン体の増加が認められ、臨床症状は示さなかったものの ketotic 状態にあったことは明白である。さらに、これらの変動が示された時期に一致して総コレステロール、リン脂質とビタミンAの低下を認めた。これら一連の所見は従来の多くの報告^{2,3,10~12)}と同様に、脂肪肝の発生を示唆するものと考えられる。

血漿中に検出されるビタミンAは、小腸で吸収され、カイロミクロンに組み込まれたエステル型のレチニルパルミテートと、肝細胞内で産生されるレチノール結合蛋白 (RBP) と結合して肝臓から血中に放出されるアルコール型のレチノールがあり、ほとんどが後者である⁹⁾といわれている。近年、ビタミンA代謝と RBP に関する研究の大部分は医学領域から報告されている。SMITH ら^{14,15)}はヒトの肝臓病例で血中ビタミンAと RBP およびプレアルブミンの有意な低下を認め、血中ビタミンAの低下は貯蔵ビタミンAの欠乏に由来するものではなく、RBP の合成または放出障害に起因したものであると記載している。先にも述べたように本試験の供試牛が脂肪肝であったとすると、肝細胞内に沈着した脂肪滴等によって正常な肝機能が阻害され、コレステロール、リン脂質およびその担送リポ蛋白や RBP の合成に障害をきたすことが考えられる。したがって、肝臓中には十分な量のビタミンAが貯蔵されていたにもかかわらず、分娩後血漿ビタミンAの低値が継続することになる。このように血漿ビタミンAの低下は肝臓での RBP の合成あるいは放出障害に起因するものと推測される。

また、今回の供試牛に認められた分娩後のグルコース、コレステロールおよびリン脂質の低値と、遊離脂肪酸およびケトン体の高値は、著者らの過去の報告⁴⁾に記載した値に比較すると、それぞれ明らかな低値もしくは高値を示していた。今回の供試牛は分娩前1週の平均体重が805 kg で、過去の報告⁴⁾の728 kg に比較すると約80 kg も重く、肉眼的評価においても肥満と判定された。これ

らの結果から、分娩前に肥満の牛ほど分娩後に脂肪動員が発生しやすく、脂肪肝に陥る危険性が高いことを示唆するものである。

引用文献

- 1) FRONK, T. J., SCHULTZ, L. H. and HARDIE, A. R.: *J. Dairy Sci.*, 63, 1080~1090 (1980).
- 2) HIDIROGLOU, M. and HARTIN, K. W.: *Can. Vet. J.*, 23, 255~258 (1982).
- 3) JAKSON, H. D. and WINKLER, V. W.: *J. Nutr.*, 100, 201~207 (1969).
- 4) 木村容子, 小泉俊二, 佐藤伸三, ほか: 日獣会誌, 39, 294~298 (1986).
- 5) KIMURA, Y., KOIZUMI, S., SATOH, N., et al.: *Proceedings of the Fourth Congress of the Federation of Asian Veterinary Association*, 311~318 (1984).
- 6) 熊谷 宏: *DAIRYMAN*, 臨時増刊号, 48~53 (1986).
- 7) 宮川準平: 獣畜新報, 787, 121~124 (1987).
- 8) MORROW, D. A.: *J. Dairy Sci.*, 59, 1625~1629 (1976).
- 9) 武藤泰敏: 代謝, 18, 474~476 (1981).
- 10) REID, I. M., STARK, A. J. and ISENER, R. N.: *J. Comp. Pathol.*, 87, 241~251 (1977).
- 11) REID, I. M.: *Vet. Rec.*, 107, 281~284 (1980).
- 12) REID, I. M.: *Anim. Reprod. Sci.*, 5, 275~279 (1983).
- 13) ROSENBERGER, G.: *The Role of Vitamin A in Cattle. A Review From 'Diseases in Cattle' ('Krankheiten des Rindes')*, 3~7, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg (1970).
- 14) SMITH, F. R. and GOODMAN, D. S.: *J. Clin. Invest.*, 50, 2426~2436 (1971).
- 15) SMITH, F. R., UNDERWOOD, B. A., DENNING, C. R., et al.: *J. Lab. Clin. Med.*, 80, 423~433 (1972).
- 16) THOMPSON, S. Y.: *Vitamin A in Animal Nutrition. Abridged Version of a Article Published in World Reviews Nutrition and Dietetics*, 21, 224~280 (1975).
- 17) TOMLINSON, T. E., MITCHELL, G. E. JR., BRADLEY, N. W., et al.: *J. Anim. Sci.*, 39, 813~817 (1974).
- 18) 宇田三男, 佐藤義信, 関 俊雄, ほか: 茨城県畜産試験場研究報告, 第9号, 3~34 (1985).
- 19) 牛見忠三: 臨床獣医, 2, 9, 51~55 (1984).
- 20) WILDMAN, E. E., JOHNES, G. M., WAGNER, P. E., et al.: *J. Dairy Sci.*, 65, 495~501 (1982).