

マネジメント情報 9月 2011年

今回は、獣医師向雑誌「臨床獣医 7月号」に掲載した乳熱に関する論文を紹介して、マネジメント情報とします。

乳牛における周産期「低カルシウム血症」の予防対策

(株)トータルハードマネジメントサービス

黒崎 尚敏

I. はじめに

乳牛の周産期における低カルシウム血症 (periparturient hypocalcemia:以下 PPHC) は、分娩時における急速な Ca 要求量の増加に対応できないことが主な要因であるとされている。¹⁾ 臨床型はもとより非臨床型においても周産期疾病やその後の生産性に強い影響を与えていることは周知のとおりである。PPHC が認識されてほぼ 200 年が経過してもなおその予防に苦慮する現実はあるものの、一方で多くの効果的対策が明らかにされつつもある。今回は、この PPHC における現場的対策の現状について述べてみたい。

II. 低カルシウム血症と加齢

一般的に、多くの動物は加齢によって骨細胞の数や活性が低下する。また、副甲状腺ホルモン (Parathyroid Hormon:以下 PTH) の標的機関である骨や腎臓での PTH 受容体の数も減少する²⁾。さらに、腸管でのビタミン D (1,25-(OH)₂D:以下 VD) 受容体の数も減少することが知られている。一方、乳牛は一般に分娩を重ねた 3~5 産目くらいに泌乳のピークを迎えることになる。したがって、乳牛の Ca 代謝は加齢とともに、その周産期における瞬間的 requirement と供給・補給力において負の相関をより強める結果となり³⁾、発症リスクは高まることになる⁴⁾。こうした現状から、現場的 PPHC の予防対策としては、根絶を目的とするのではなく、発症率や死廃率を一定以下 (<3-5%) にコントロールするという視点が重要と考える。

Ⅲ. 予防対策

1. 乾乳期の栄養マネジメント

(1) カルシウム(Ca) コントロールと PPHC (周産期低 Ca 症)

1) 低 Ca 飼料

分娩前の低 Ca 飼料の給与は古くから推奨されてきた予防法であり^{10) 13)} 本法では、わずかな Ca 供給量の低下によって、骨や腸管そして腎などにおける Ca ホメオスタシス (恒常性) 機能の活性化を促し、分娩直後の Ca 要求に備える方法である。Green⁵⁾ らは、飼料中 Ca として一日あたり 80g (高 Ca 給与) 及び 8g (低 Ca 給与) の飼料を給与した分娩前乳牛では、低 Ca 飼料の給与牛において分娩時の血中 Ca 濃度が有意に高く推移し、骨再吸収の指標である血中 Hydroxyproline 濃度も分娩前から上昇することを報告した。また、Lean ら⁶⁾ は既報科学論文 (137 報、2545 分娩牛) のデータを meta-analysis によって解析し、PPHC の発症率は分娩前の飼料中 Ca 濃度が乾物 (DM) 中 1.3% へ増加に従って PPHC の発症率も増加し、さらに DM 中 1.1~1.5% までの Ca 濃度の飼料では PPHC の発症率が最も高くなることを報告した。

一方、乳牛の乾乳期における Ca 要求量は、30g/日以下であって、本当の意味での低 Ca 飼料は、上述した Green らの研究のように一日当たり 20g 以下を目指す必要がある^{7) 8)}。これは実際現場においては、コントロール困難な数値である。Kronqvist らは⁹⁾、分娩前の Ca 供給を 4.9, 9.3, および 13.6 g/kg の 3 段階で比較した結果、分娩時の血中 Ca 濃度、PTH、骨再吸収指標の一つである、カルボキシテロペプチドタイプ I コラーゲンなどに差は見られなかったことを報告した。すなわち一般的に供給可能な「いわゆる低 Ca 飼料」と、反対に意図的高 Ca 飼料との間における PPHC 予防への有効性に差はみられなかった。

Goff⁸⁾ は、多くの酪農家において真の低 Ca 飼料の供給が実際には不可能な中で、この「いわゆる低 Ca 飼料」が、時に有効性のあることについて、おそらくそれまでの高 Ca 飼料からの反動的効果によるものではないのかと推察しながらも、同時にカチオンとしてのカリウム濃度の変化とも連動している可能性から、こうした飼料中 Ca 濃度による単独的な効果というのは極めて少ないのではないかと述べている。

従って、真の低 Ca 飼料 (<20g/日) を給与できない限りにおいて、これまでの乳熱予防効果として、単純な飼料中 Ca 濃度や摂取量の過多だけで PPHC をコントロールすることは困難であると考えられるのが現状である。(図 1)

飼料中カルシウム濃度と乳熱発症率

Thihsing-Hansen T., Acta vet. Scand. 2002

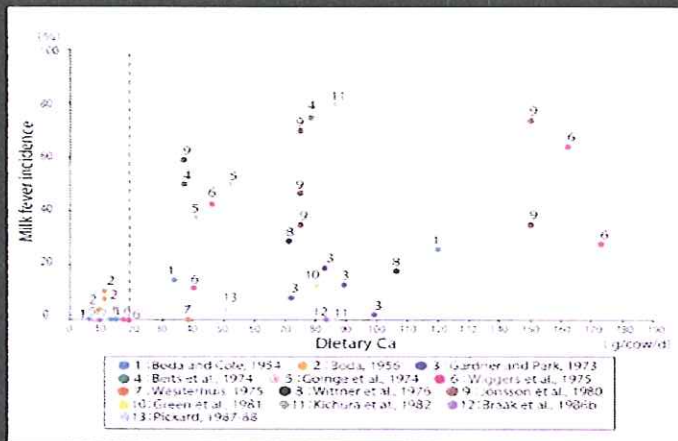


図1 飼料中 Ca 濃度と乳熱発症リスク (g/頭/日)

20g 以下では、明らかに発症リスクが低下するが 40g を超えると各報告によってその発症リスクは大きくばらついている

Thihsing-Hansen T., Acta vet. Scand. 2002³⁶⁾

2) ゼオライトAの添加

Green⁵⁾ や Boda¹⁰⁾ らが報告したように、真の低 Ca 飼料を供給できれば、PPHC の予防効果は極めて高いと考えられるため、過去には、飼料中にゼオライトAを混入する方法がいくつか報告されている^{11) 12)}。ゼオライトAは、Ca 吸着能力を有するため、この性質を利用して真の低 Ca 飼料の効果を具現させようと考えられてきた。なお、その有効性は報告されたものの、添加量の多さや周産期における血中マグネシウム (Mg)、およびリン (iP) の低下なども同時に観察され、その後の研究の進展は見られない。

(2) マグネシウム (Mg) コントロールと PPHC

Mg は細胞内にもっとも多く含まれ、体内としては2番目に多く含まれる二価陽イオン (カチオン) である。このマクロミネラルとしての Mg 代謝と Ca 代謝には、密接な関係があり、正常な骨代謝、すなわち骨形成、骨再吸収の活性や骨脆弱性などに強く関与する¹⁵⁾。また、人や牛においても低 Mg 血症によって低 Ca 血症の生じることが明らかになっている^{16) 17)}。

Mg は、本来細胞内における酵素活性に不可欠な存在である。図2は、PTHと標的器官のリセプターとの結合を示している。この結合ではアデニルシクラーゼや G タンパクを刺激してセカンドメッセンジャーとしての AMP を生産す

るが、この過程でアデニルシクラーゼが正常に機能するために Mg^{++} が不可欠である¹⁸⁾。このことは、PTH の刺激の正常な伝達のためには Mg が重要であることを示している。また、人において、外部から投与されたビタミンDが最適な薬理作用を示すためには、同時に十分な Mg の必要性が示唆されてもいる¹⁹⁾。

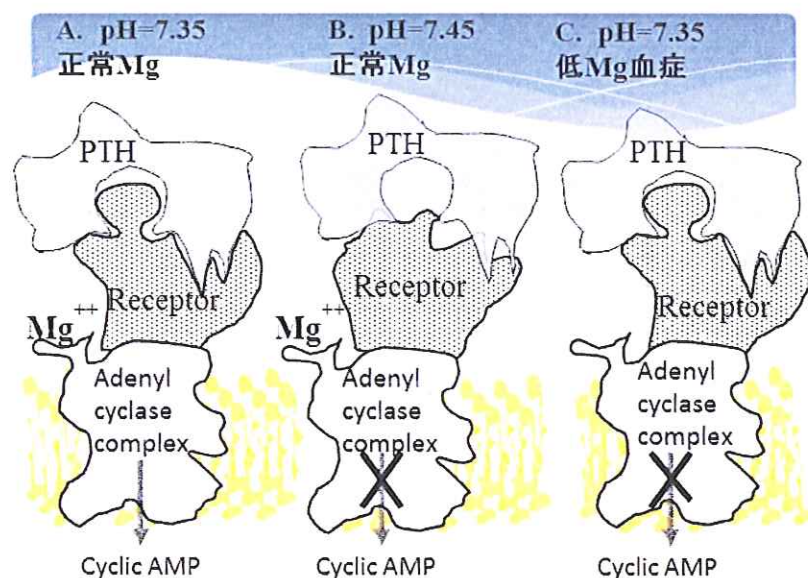


図 2

図 2 血液 pH と Mg イオンが PTH の受容体結合とサイクリック AMP 産生の関係
低 Ca に反応して分泌される PTH は、一定の血液 pH 下で正常な結合が可能になるが、アルカローシスに傾くと受容体との結合不全が生じる。また、これらが正常に反応してもそこに十分な Mg イオンの存在なければ、セコンドメッセンジャーとしての AMP 産生が不十分となり結果として、骨や腎において PTH の生理作用が十分に発揮されなくなる。

Goff J.P. Vet. J. 2008¹⁾

これらのことから、乾乳飼料中 Mg 濃度は、現在 0.4% /kg DM 以上が推奨されている⁵⁵⁾。飼料中への Mg 添加が十分であれば、分娩時における血中 Mg は通常上昇する²⁰⁾。Goff¹⁾ は、分娩直後の血清 Mg が 0.8mmol/L(1.8mg/dl) 以下であれば、飼料中の Mg 量を疑う必要を述べている。

一方、高 Ca 飼料や高 K 飼料は、Mg のルーメンからの吸収が阻害されることもよく知られているため、高 K 飼料においては、Mg の追加的添加が推奨される。Dietary cation anion difference (以下 DCAD) の観点からすれば、カチオンである Mg は、一見 PPHC 発症リスクを上昇させる要因に見えるものの、上述したような働きの重要性によって Mg は、乳熱の予防に貢献する不可欠な要素である。

(3) リン(iP)コントロールと PPHC

飼料中の高い血中 iP 濃度は、腎における 1α 水酸化酵素の活性を阻害する²¹⁾。また、飼料からの高い iP 摂取は乳熱の発症を増加させる²²⁾。従って、これらの実験のように一日 iP 摂取量を 80g などにすれば、乳熱リスクが増加すると考えられている。しかしながら、一般的な給与量としての乾乳期乾物 iP 濃度は、一日量として 30g 程度以下であることから、それらに問題が生じる可能性はほぼないと考えられる。また、Ca と P 比率についても、その重要性が論議された経緯はあるものの¹⁴⁾、現在、7:1 から 1:1 に至る範囲までその比率に重要性は見出されていない²³⁾。この点について、乳牛の飼料では、グラム(g) は要求されるが、比率 (ratio) は要求されないと Goff は述べている⁸⁾。

(4) 飼料中カチオン-アニオン差(Dietary cation anion difference:以下DCAD)のコントロールと PPHC

近年、乾乳期における飼料中の DCAD をコントロールすることによる代謝性アシドーシスの乳熱予防効果が明らかにされてきた⁴⁷⁾⁴⁸⁾。前述したように飼料中の Ca や iP などによる有効性が定まらない大きな理由として、カリ (K^+) やナトリウム (Na^+) などのカチオンの存在がより大きな影響をもつことが指摘されている³¹⁾。

1) DCAD による主な等式 (DCAD meq =)

$(Na+K)\cdot(Cl+S)$	・・・等式①
$(Na+K)\cdot(Cl)$	・・・等式②
$(Na+K+Ca+Mg)\cdot(Cl+S+P)$	・・・等式③
$(Na+K+Ca+Mg)\cdot(Cl+SO_4+H_2PO_4+HPO_4)$	・・・等式④
$(Na+K+0.38Ca+0.3Mg)\cdot(Cl+0.6S+0.5P)$	・・・等式⑤ 他

このように様々な等式が開発・推奨されているものの、Lean は乳熱リスクを予測できる等式として最も優れているものは、① $(Na+K)\cdot(Cl+S)$ であると結論づけている⁶⁾。等式①として、DCAD の推奨値は、現在 $-10\sim-15mEq/100g$ DM であるが、よりマイルドな代謝性アシドーシス、すなわちゼロレベル DCAD まで有効性が確認されている^{32) 33) 34) 35) 36)}。(図3)

DCADと乳熱発症リスク

Thilising-Hansen T., Acta vet. Scand. 2002

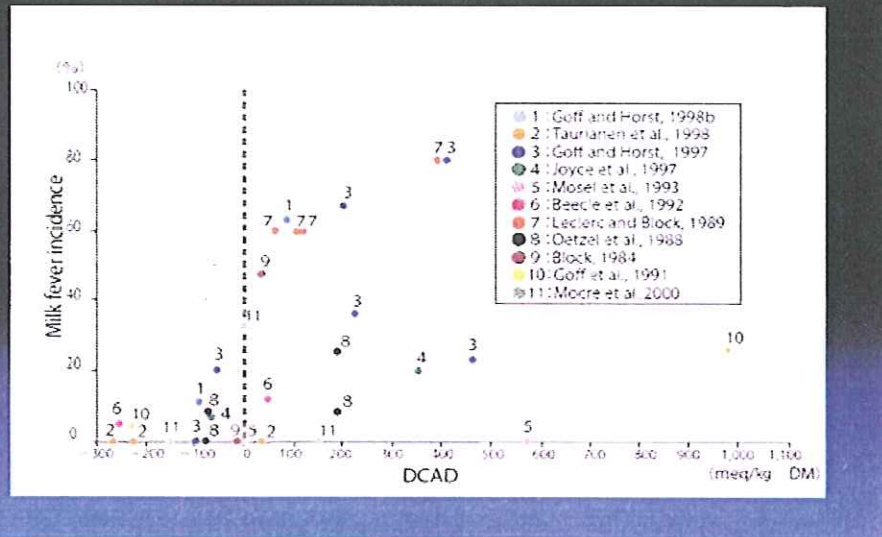


図3 飼料中 DCAD レベルと乳熱発症リスク (mEq/kg DM)

DCAD が低くなればなるほど、乳熱発症リスクは明らかに低下するが、重度の代謝性アシドーシスリスクも高まると同時に、アニオン塩の添加量の増加による嗜好性の低下によって乾物摂取量の低下リスクが増加する。よりマイルドな DCAD レベルとしてゼロレベルまでその予防効果があるとする報告がなされている。

Thilising-Hansen T., Acta vet. Scand. 2002³⁶⁾

2) DCAD コントロールによる代謝性アシドーシスの有効性

① PTH の受容体結合の健全化

代謝性アシドーシスによるもっとも大きな要因の一つに、血液 pH の微妙な変化と PTH 標的器官における PTH 受容体との結合不全が指摘されている (図 2)^{1) 8)}。すなわち、血液 pH が酸性に傾くことで、PTH 刺激による正常な骨の Ca 再吸収と腎における 25(OH)D₃ の 1 α 水酸化による 1,25(OH)₂D₃ 産生の効率が高まることを意味している。高い K⁺飼料 (>1.2~1.5% 代謝性アルカローシス) などではこうした PTH 効果の減弱 (受容体結合不全) が考えられるため、陰イオン塩 (Cl⁻, SO₄²⁻) の利用が有効と考えられている。

② 血中 Ca のイオン化率の増加

血液 pH の低下によって、血液中 Ca のイオン化が促進されることはよく知られている^{32) 37)}。

③ Ca 排出増加

陰イオン塩の給与によって、尿中 Ca 排出量が増加する^{24) 32) 38)}。このメカニズムとして、代謝性アシドーシスによる直接的・間接的骨 Ca の放出、さらには腸管からの Ca 吸収亢進の可能性も考えられるが、その詳細は不明である。この時の尿中への Ca 排出量は一日あたり 2・6g になる。分娩時には、この尿中 Ca は PTH の分泌亢進によって再吸収されることになる。これは通常、獣医師が乳熱治療のために行う Ca 注射量が 8・10g 程度であることを考えると大きなメリットである⁴⁰⁾。

④ Ca 再吸収の直接的・間接的増加

上述のように代謝性アシドーシスにおいて骨からの Ca 再吸収が活性化することは多く報告されている^{47) 48)}。これはアシドーシスに対する生体の直接的反応としてのカチオン放出（主に Ca）³⁹⁾、および同時に破骨細胞の活性化による間接的骨 Ca の再吸収の亢進である（図 4）^{33) 50) 51) 52)}。

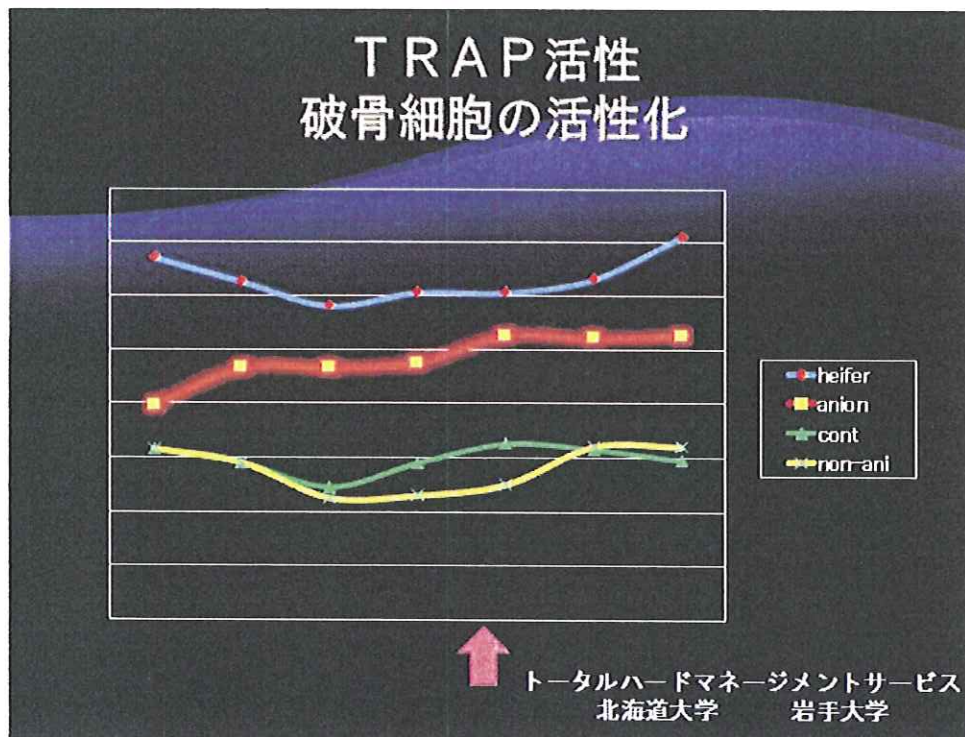


図 4 飼料中 DCAD と TRAP 活性*

等式①**における飼料中低 DCAD (+1.2mEq/100g DM) と高 DCAD (14.6 mEq/100g DM) 及び初産牛との TRAP 活性の比較。低 DCAD (ゼロレベル) における TRAP 活性が分娩前より優位に上昇している。初産牛はこれら低 DCAD 牛群

よりさらに高い TRAP 活性を示している。

* Tartrate-Resistant Acid Phosphatase Activity

** (Na+K)·(Cl+S)

Kurosaki 2007³³⁾

こうした骨からの Ca 再吸収が乾乳後期から刺激されることによって、分娩時における低 Ca 血症への抵抗性を獲得していることが明らかにされている。また、PTH 刺激から骨再吸収が活性化するまでにおおよそ 2～3 日間のタイムラグがあること⁴⁹⁾ や分娩後に骨からの Ca 吸収は抑制されること (図 5) からも、分娩前における骨 Ca 再吸収の活性化は大きな意味をもっている。

乳牛の分娩後の Ca 流入

Ramberg 1970 & 1984
改変図

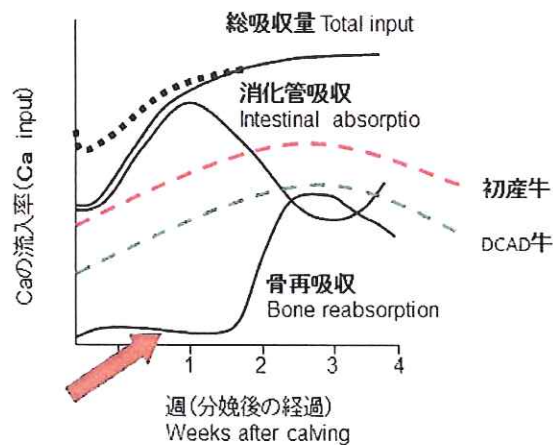


図 5 乳牛の分娩後の Ca 流入

黒線は、通常分娩直後における、Ca 流入経路を示している。これによれば、骨からの Ca 再吸収は分娩後 2 - 3 週後に活発になる。これは Goff⁴⁹⁾ が PTH の注入によって骨再吸収が活性化するのに少なくとも 2 ないし 3 日間のタイムラグを必要とする報告とも相関している。したがって、分娩前の低 DCAD によって骨代謝があらかじめ活性化している (緑点線) ことの意義は、極めて大きい。これによって分娩直後の総 Ca 供給量を補足できるものと考えられる (黒点線)。初産牛の骨代謝は非常に活発で、腸管からの吸収量も含め総 Ca 流入量が常に高く、分娩時の Ca 要求を容易に支えていることが推察される (赤点線)。

Ramberg 1970 & 1984 改変図 (56) (57)

3) 低 DCAD 飼料の利用と注意点

① 高 K⁺飼料、高 Na⁺飼料の利用を控えること

陰イオン塩飼料を給与する前に、低 K⁺、Na⁺飼料の利用を考えることが必要である。すなわち、飼料分析して成分を確認することが必要で、飼料中 K⁺濃度は一般に DM 中 1.2% 以下が推奨され、1.5% 以上は非常にリスクの高い飼料となる。

また、高 K⁺は、ルーメンからの Mg 吸収を阻害するので、より PPHC リスクが高まることになる

② 陰イオン塩と嗜好性

これら陰イオン塩としては、塩酸、塩化 Ca、硫酸 Mg、硫酸 Ca などが考えられるが取扱いの難しさや嗜好性などの問題が存在するため、市販の Cl 製品の利用が無難である。また、より低い DCAD は、過度の代謝性アシドーシスによって、母牛だけでなく子牛のアシドーシスをも併発するので避けなければならない。

③ 低 DCAD 給与時の Ca 濃度

上述したように、低 DCAD 飼料では尿中への Ca 排出が増加するため、補完的意味合いから一定量の Ca 添加をすることが推奨されている。Oetzel は、DCAD -15mEq/100g DM とした場合の飼料中 Ca 濃度を、1.1~1.5%という高値を推奨した⁴¹⁾。しかし、その後、Oetzel が自ら行った meta-analysis において、飼料中 Ca 濃度が 1.16%で乳熱発症リスクが最も高いことを示すこととなった⁴²⁾。Chan らは、DCAD -6 mEq/100g DM (等式①) において、飼料中 Ca 濃度が 1.5% と 0.99% の場合を比較し、両者に差がないことから DCAD においても過度な Ca 添加の必要性はないと報告している⁴³⁾。筆者は、DCAD ゼロレベルでの Ca 濃度を 0.7~0.8% で調整しているがその是非は不明であり、検証の必要性を感じている。

(5) エネルギーと代謝タンパクコントロールと PPHC

近年の研究において、乾乳前後期におけるエネルギーと代謝タンパクのコントロールが乳熱を含む周産期病と関連していることは明らかである。これらに関する考察は紙面の関係もあり割愛するが、筆者が執筆した 2011 年の臨床獣医 5月号における特集「乳熱の低カルシウム血症に迫る」を参照いただきたい。また、乾乳期から周産期におけるビタミンやトレースミネラルのバランスも極めて重要である。

2. Vitamin D 投与と PPHC

1990年代初頭に、科学者らが Vitamin D (VD₃ コレカルシフェロール) は、腸管からの Ca 吸収に重要な役割を持っていることを報告した。その後、25-hydroxyvitamin D₃ (25(OH)D₃ (25-ヒドロキシコレカルシフェロール) がより活性型と認識され、さらに、その 25(OH)D₃ が腎臓で 1 α 水酸化酵素によって作られる 1,25(OH)₂D₃ (1,25-ジヒドロキシコレカルシフェロール) がより強い活性型 Vitamin D₃ であることが判明した²⁴⁾。以後、分娩予定一週間前後に高単位 VD₃ (コレカルシフェロール) の注射が推奨されてきた²⁵⁾²⁶⁾。しかしながら、この高単位 VD₃ 投与には、3つの問題点のあることが Goff や Okura らによって指摘されている²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾。すなわち、1) 半減期の短さからくる分娩時期との不適合による有効性の喪失、2) 超生理的 (supraphysiological) レベルの血中維持による毒性 (石灰化リスク) と 3) それらに起因すると思われる水酸化酵素ブロックによる内因性 VD₃ 産生低下による食欲の低下や乳熱再発リスクである。

これらの欠点を克服するために作用の延長のための化合物や賦形剤、投与方法さらには低単位での投与などの研究が²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾ が試みられているが、それぞれに有効性を認めながらも課題を残している。

こうした一連のことから、VD₃ の分娩前の投与には、その時期の見極めが十分に行われることやその後のネガティブなフィードバックの発生に注意すること、反復 (重複) 投与の回避に努めることが必要である。こうした高い薬理効果とそれ故に持つ欠点について、今後、VD₃ 製剤あるいはその代謝物の利用研究が進むことが期待されている²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾。

最近では、より半減期の長い 25-(OH)D₃ と低 DCAD の組み合わせによって、高い予防効果が報告されている。これは、DCAD による PTH の標的臓器の反応性を高めることによって、半減期の長い 25-(OH)D₃ から体内で合成される 1,25(OH)₂D₃ を持続的効率的に高め、これまで指摘された VD₃ 投与の欠点を補おうとするものである⁴⁶⁾。

乾乳飼料への VD₃ (コレカルシフェロール) 添加量として、NRC⁷⁾ を含め一般に 20000-30000 IU/日が推奨されている。

3. Ca の経口投与

分娩時あるいはその前後における、塩化 Ca (CaCl₂) を中心とした経口投与が古くから行われてきた⁴⁴⁾。この塩化物は容易に乖離してフリー (イオン化) Ca を供給することから、ルーメン及び第四胃から速やかに吸収されその予防的あるいは治療的効果が高いものの、一方で強い刺激による粘膜損傷 (潰瘍) や代

謝性アシドーシスによる食欲の低下などを起こす危険性が知られている。その後そうした欠点に配慮したゲル状・ペースト状あるいはオイル状の CaCl_2 やそうした心配のないプロピオン酸 Ca の利用も推奨されてきた^{1) 24) 36)}。ただし、このプロピオン酸 Ca は、Ca 含量が 21%程度であるため、ある程度大量に与える必要がある。国内においてもこれらの安全性に配慮したプロピオン酸 Ca と塩化 Ca を主体とした製品が販売・利用されている。一方、カルシウム剤としての炭酸カルシウム (CaCO_3) は、第四胃酸の感作後、小腸からの吸収になるために、即効性がなく治療目的には適さない³⁶⁾。

なお、表 1 は、Goff J.P が米国アイオワ州の National Animal Disease Center に在籍していた時に、教えていただいた「Cow Cocktail (牛のカクテル)」の処方に変更を加えたもので、これを温水 18-20 L とともにカテーテルで投与する。Ca だけでなく、乳汁(初乳)から失われる大量の Mg、iP、K、Na、Cl などのミネラル成分、そしてエネルギーの補充が可能である。手間はかかるが、極めて実地的で有効な方法である。

牛のカクテル 表1

• プロピオン酸カルシウム	300 - 500g
• 硫酸マグネシウム ($\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	100 g
• 塩化カリ(KCL)	110 g
• 燐酸ソーダ ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	220 g
• ぬるま湯	12 L 以上

追加的

• プロピレングリコール	300ml
あるいは、グリセリン	300-500ml
• イースト	200 g

Goff JP Cow Cocktail 変法 THMS

表 1

4. 周産期疾病リスクファクターBig 5を考える

ウイコンシン大学マジソン校では、このほど Transition Cow Index (TCI) という指標を開発した。同大学の Ken Nordlund の説明によれば⁴⁵⁾、TCIは、DHIA^{注1)}に参加する50万頭に上る乳牛を2年間にわたりデータ解析して初回乳牛検定時における期待乳量と実乳量の差を指標化したものである。その差がマイナスの時には、分娩時に何らかのトラブル（周産期疾病）や乾乳期を含めたマネージメントに問題があることを示唆し、その差がプラスの場合は、周産期におけるトラブルが少なくマネージメントがマイナスのグループに比べて有効または良好であるとの指標となる。

このTCIを利用して、移行期管理における最も重要なリスクファクター（フリーストール）を解析し、5つの極めて有意なリスクファクターが浮かび上がってきた（図6）。すなわち、①一頭当たりの飼槽スペースは、76cm (30")と広く、②ベッドの敷料は砂が優れているが、何であれより柔くより深いもの、③ベッドは幅が122cm(>48")以上、長さが275cm(>9ft)以上を、④牛群としての社会的安定性（Stable social groups）の確保、⑤牛の食欲や姿勢の観察が体温の測定よりも優れていることが、移行期における牛の健康と生産において最も重要な課題だということが判明したのである。この研究はさらに発展すると考えられるが、今、ここで明らかになったこれらのリスクファクターは、乳熱を含めた周産期疾患の予防を考える上で、我々が想像する以上に重要であり、農場において飼料やそのバランスを論ずる前に構築しなければならない喫緊の課題と考えられる。

移行期牛 リスクファクター ビッグ5

- 1) 飼槽スペース (スペースの増加>減少)
Bunkspace (increased space > less)
- 2) フリーストール表面 (砂>マットレス)
Freestall surface (sand > mattress)
- 3) フリーストールサイズ (大>小)
Freestall size (larger > small)
- 4) 分娩房への移動 (2日以内>3日以上)
Move to calving pen (<= 2 days > 3+ days)
Just in Time calving
- 5) 観察方法 (姿勢/食欲>日乳量>体温>なし)
Screening method (attitude/appetite > dairy milk > temp > none)

Ken Nordlund DVM
University of Wisconsin-Madison 2012

図6 TCI* 5大 リスクファクター

フリーストール牛舎における TCI の分析から導かれた移行期牛がよりよいパフォーマンスを示すために高い有意差で示された5つのリスクファクター

*Transition Cow Index (移行期牛指標：本文参照)

5. 総合的アプローチの重要性

これまで乳熱予防において、研究・実践されてきたいくつもの方法についてそれぞれ論じてきた。乾乳期における Ca コントロールの議論に見られるように、何か1つの要因だけでコントロールできるほど、この乳熱コントロールは単純ではないのだろうと考える。まず、重要なのはウイスコンシン大学で示された①周産期疾病5大リスクファクターについての要因を十分考慮（繋留式牛舎でも応用可能と考える）に入れることが重要と考える、こうした環境のなかで、②飼料そのものの品質（マイコトキシン、硝酸態、酪酸、異物混入など）を高めることは、嗜好性を含めその栄養を論ずる前に重要である。次に③乾乳期における高 K⁺、Na⁺ 飼料を極力さけることは基本として重要である。その上で④エネルギーや代謝タンパクそして必要であれば陰イオン塩飼料の添加を考える。その際には上述した注意点に留意する。さらに⑤分娩時における、Ca の経口投与あるいは皮下注射も予防に貢献するであろう。⑥VD₃ の注射や経口投与における応用もさらに研究が進むものと思われる。⑦その他ミネラルやビタミン、さらにはボディーコンディションや乾乳期間、あるいは暑熱^{53) 54)}のマネジメントなどいくつもの要因を考慮する必要があると考えられる。何かを徹底するよりも、各マネジメントをそこそこの合格点に持っていくことが重要と考えられる。酪農家だけでなく我々獣医師も、時として何か一つのことですべてを解決する「魔法のようなトラブルシューティング」を求めてしまうが、現状においてこうした「魔法の銃弾 Magic Bullet」を求めるべきではない。それぞれにわかっていることをしっかりと組み合わせていくことが安定的な成績に結びつくものと考えられる。

搾乳牛として通らなければならない Gate Way Disease¹⁾としての「低カルシウム血症」をいかに軽度にクリアーするかが、まさに酪農家としての成功への Gate Way となっており、それをサポートする獣医師の役割はさらに重要である。

おわりに

本稿を終えるにあたり、ご助言いただいた鹿児島大学・大和先生、岩手大学・山岸先生に謝意を表します。

マネジメント情報につき、参考文献は削除します。

黒 崎