フリーストール牛舎飼養乳牛における後肢蹄外旋と 蹄底潜在病変との関係

田口 清 佐川重信 山岸則夫

Raden Harry Soehartono 山田明夫

帯広畜産大学畜産学部 (〒080-8555 帯広市稲田町西二線)

(1999年1月18日受付・1999年5月17日受理)

要 約

フリーストール牛舎で飼養されていたホルスタイン種搾乳牛117頭について、視覚によって後肢蹄外旋がないか軽度の外旋例をスコア1、中等度または重度の外旋例をスコア2に評価し、右側後肢蹄外旋角度、肢蹄形状および蹄底潜在病変(蹄底出血、蹄球びらん、白線離開スコア)を測定して、後肢蹄外旋スコア化の適正性、ならびに外旋と肢蹄形状および蹄底潜在病変との関係性を評価した。外旋スコア2の例では外旋スコア1の例に比較して外旋角度実測値が有意に大きく、また外蹄の蹄底出血の程度と罹患率が有意に高く、後肢蹄外旋が外蹄の蹄底出血の存在と密接に関連することが明らかになった。——キーワード：後肢蹄外旋、フリーストール、搾乳牛、蹄底出血。

----- 日獣会誌 52, 639～643 (1999)

近年の集約的酪農業の飼養形態であるフリーストール牛舎飼養では従来の繋ぎ飼養より蹄病の発生が多く [2, 22], 蹄底潰瘍や白線膿瘍などの後肢外蹄の蹄底角質に生じる疾病が最も多いことが知られている [6, 7, 18].

削蹄は牛の蹄病予防法の一つであることはよく理解されているが、一般に削蹄が実施されなければ蹄の過剰生長(蹄の変形)を生じ、それは肢勢の変化として認識される [3, 22]. 肢勢の変化は乳牛の後肢では外向肢勢(肢蹄の外旋)として最もよく認められる [12, 13]. このような肢勢は後肢蹄の負重機能を減退させ、蹄底の出血、白線の離開、蹄球びらんなどの臨床症状を示さない蹄底潜在病変形成の一因となる [4]. このような蹄底潜在病変は潜在性蹄葉炎と関連するものであり、蹄底潰瘍や白線病などの蹄底角質に生じる疾病の初期症状であると考えられている [4, 8, 10, 11, 15, 16, 19]. これらのことは蹄底角質に生じる疾病が蹄形、肢勢、蹄底潜在病変の相互作用と密接な関係を有することを示している。もし後肢の肢勢と蹄底潜在病変との間に関連性があれば、肢を挙上することなく肢勢を評価するだけで蹄底の健康状態を知ることができる。本研究では搾乳牛の後肢肢勢を評価することによって蹄の健康状態をモニターできるかどうかを知るために、フリーストール牛舎飼養牛の後肢蹄の外旋評価法の適正性および後肢蹄の外旋と蹄底潜在病変との関係性を評価した。

材 料 お よ び 方 法

供試牛：帯広畜産大学附属農場のフリーストール牛舎

に飼養されていたホルスタイン種搾乳牛を1997年7月(Z1)に63頭(2.3±1.4産)、1998年1月(Z2)に54頭(2.5±1.5産)用いて2回の横断的研究を行った。これらの搾乳牛は少なくとも6カ月以上削蹄されていない、臨床的に跛行の認められない牛であった。このフリーストール牛舎では1日2回搾乳が行われ、牛はグラスサイレージを主体とする混合飼料を自由採食し、コンピュータフィーダーによって泌乳量に応じて濃厚飼料が給餌されていた。6～10月には牧草地への1日6時間程度の放牧もしばしば行なわれていた。

後肢外旋の評価法：牛をコンクリート床の室内で柵場保定し、左右前後の肢がそれぞれ左右対称に位置・負重するように起立させた。牛の後方から後肢蹄を観察し、視覚によって後肢蹄の外旋がまったくないか、わずかに外旋しているもの(外旋スコア1)および中等度または重度に外旋しているもの(外旋スコア2)に分類した。またこの時、牛のボディコンディションスコア(BCS)をFergusonら [9] の方法で評価した。

後肢蹄外旋角度および肢蹄形状の測定法：後肢蹄外旋角度および肢蹄形状の測定は右側後肢について実施した。後肢蹄外旋スコアを評価後、牛をそのまま柵場保定とした。後肢蹄外旋角度を測定するために両後肢蹄の蹄球趾間部および右側後肢の蹄尖趾間部の接地床にマークを付け(図1)、牛を柵場から出した後にこれらのマークを真上からビデオ撮影した。また、右側肢の飛節角度と球節角度および肢軸角度を測定するために牛の右側肢側望および両後肢を含んだ後望をビデオ撮影した。さらに、

右側肢内外蹄の蹄尖角度、蹄尖長、蹄踵高、蹄底長、蹄尖高、蹄対角長（図2）の測定のために右側肢内蹄と外蹄の側望をそれぞれビデオ撮影した。次に、ベニヤ板にタオルを貼り付け、ポスターカラーを塗布して作製したスタンプを挙上した右側肢蹄底に押し当て、蹄底の着色した部分を負面面積（図2）とした（蹄スタンプ法 [1]）。負面面積と蹄底幅を測定するために蹄底面をビデオ撮影した。これらの画像はコンピュータ上で画像解析ソフト（NIH image 1.58）を用いてそれぞれ必要とする角度、長さおよび面積を測定した。

蹄底潜在病変の評価法：右側肢蹄の負面面積測定後、蹄底を1～2mm削切し、蹄底出血、蹄球びらんおよび白線離開病変を記録した。蹄底出血は蹄底の赤色の変色がない（スコア0）、軽度（スコア1）、中等度（スコア2）、重度（スコア3）に分けて記録した。蹄球びらんは蹄球にV字状の深い溝が形成され、正常な蹄球構造が喪

失しているもの、白線の離開は白線に沿って分裂があり、異物が嵌入しているものとした。

データの解析法：データの解析は各時期（Z1およびZ2）について、別々に実施した。

外旋スコア1と外旋スコア2の産次、分娩後月数、外旋角度をunpaired *t* testを用いて比較した。また、外旋スコア1と外旋スコア2の内蹄および外蹄の蹄底出血スコアおよびBCSをMann-Whitney U testによって比較した。外旋スコア1と外旋スコア2の蹄底出血、蹄球びらんおよび白線の離開の存在する比率をFisher's exact testを用いて比較した。

外旋スコア1と外旋スコア2の肢蹄形状および各時期（Z1およびZ2）の外旋スコア1および外旋スコア2における内蹄と外蹄形状の比較にはunpaired *t* testを用いた。肢蹄形状の比較では標準偏差が異なる場合にはWelch testを用いた。いずれの検定も $P < 0.05$ を有意とした。

成 績

Z1では63頭のうち、外旋スコア1が29頭、外旋スコア2が34頭、Z2では54頭のうち、外旋スコア1が16頭、外旋スコア2が38頭であった。Z1とZ2のどちらの時期においても外旋スコア1の例と外旋スコア2の例の間に牛の産次数、分娩後月数およびBCSに差は認められなかった。外旋スコア2の例では外旋スコア1の例に比べて、蹄の外旋角度が有意に大きかった（表1）。また、どちらの時期においても外旋スコア2の例において外側蹄の蹄底出血の罹患率と外蹄の蹄底出血スコアが有意に高かった（表1）。しかし、蹄球びらんおよび白線離開罹患率に有意差は認められなかった。

外旋スコア1の例と外旋スコア2の例の蹄形状には差は認められなかった（表2）。Z1およびZ2において外旋スコア1の例の肢軸角度が外旋スコア2の例に比べて有意に大きかった（表2）。また、Z1およびZ2のどちらの時期においても内蹄と外蹄の蹄形状には蹄踵高、蹄尖高、蹄底幅および負面面積に差がみられ、いずれも外蹄が内蹄より高く、幅広く、負面の広い蹄形状を有していた（表2）。

考 察

本研究ではフリーストール飼養牛の後肢蹄の外旋の程度を牛の後方から視覚的に2段階に評価することによって、後肢の外旋角度を有意に識別できることがわかった。また、Z1およびZ2のどちらの時期においても中等度以上の外旋の認められる後肢蹄（外旋スコア2）では、外旋がないか、軽度に外旋している後肢蹄（外旋スコア1）に比べて、蹄底出血の罹患率が高く、蹄底出血の程度も重度であることが明らかになった。

○蹄球趾間部のマーク ●蹄尖趾間部のマーク

図1 後肢蹄の外旋角度の測定

A：蹄尖角度，B：蹄尖長，C：蹄踵高，D：蹄尖高，
E：蹄底長，F：蹄対角長，G：蹄底幅，H：負面面積，
I：飛節角度，J：球節角度，K：肢軸角度

図2 後肢の肢蹄形状の測定部位

表1 各時期 (Z1およびZ2) における外旋スコア1および2の牛の頭数、産次、分娩後月数、ボディコンディションスコア、外旋角度、蹄底出血蹄数、蹄底出血スコア、蹄球びらん蹄数、白線離開蹄数 (罹患率) の比較 (平均±標準偏差)

	Z1 (1997年7月)		Z2 (1998年1月)	
	外旋スコア1	外旋スコア2	外旋スコア1	外旋スコア2
頭数 (頭)	29	34	16	38
産次 (産)	2.4±1.5	2.2±1.3	2.2±1.3	2.6±1.5
分娩後月数 (月)	5.5±3.5	6.6±3.2	6.3±3.8	5.9±2.6
ボディコンディションスコア	2.9±0.2	2.9±0.2	2.8±0.2	2.9±0.2
外旋角度 (度)	12.3±8.6	26.6±7.1 ³⁾	15.9±4.4	21.9±6.5 ²⁾
内蹄蹄底出血蹄数 (罹患率)	3 (10.3%)	6 (17.6%)	3 (14.3%)	7 (13.2%)
外蹄蹄底出血蹄数 (罹患率)	12 (41.3%)	25 (73.5%) ¹⁾	3 (14.3%)	29 (66.7%) ²⁾
内蹄蹄底出血スコア	0.1	0.2	0.4	0.2
外蹄蹄底出血スコア	0.5	1.1 ²⁾	0.3	1.0 ¹⁾
内蹄蹄球びらん蹄数 (罹患率)	9 (31.0%)	13 (38.2%)	4 (25.0%)	14 (36.8%)
外蹄蹄球びらん蹄数 (罹患率)	10 (34.5%)	13 (38.2%)	6 (37.5%)	17 (44.7%)
内蹄白線離開蹄数 (罹患率)	4 (13.8%)	7 (20.6%)	4 (12.5%)	14 (21.1%)
外蹄白線離開蹄数 (罹患率)	12 (41.3%)	18 (52.9%)	6 (31.3%)	17 (44.7%)

1), 2), 3): 各時期の外旋スコア1の例との間にそれぞれ $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$ の有意差を認める。

表2 後肢外旋スコア1および2の牛における右後肢の蹄形状および肢の角度 (平均±標準偏差)

	Z1 (1997年7月)		Z2 (1998年1月)	
	外旋スコア1 n=29	外旋スコア2 n=34	外旋スコア1 n=16	外旋スコア2 n=38
内蹄 蹄尖角度 (Å)	45.8±4.2	44.5±4.0	46.9±3.2	46.0±3.9
蹄尖長 (mm)	79.6±8.8	82.8±8.6	75.2±6.8	77.8±6.6
蹄踵高 (mm)	22.7±6.4	24.3±5.4	21.5±3.9	23.0±5.6
蹄尖高 (mm)	63.0±5.6	65.1±7.2	60.5±3.8	61.6±5.5
蹄底長 (mm)	116.2±9.6	116.3±11.7	111.1±8.7	113.4±9.5
蹄対角長 (mm)	137.6±11.6	140.2±10.2	137.5±8.6	139.1±9.6
蹄底幅 (mm)	54.6±5.9	51.9±3.5	52.5±3.5	51.6±3.9
負面面積 (mm ²)	2,527±735	2,567±590	2,324±517	2,346±614
外蹄 蹄尖角度 (Å)	46.2±4.5	45.4±4.1	46.3±3.0	46.4±3.9
蹄尖長 (mm)	82.0±6.8	84.5±8.2	79.2±7.9	80.4±8.0
蹄踵高 (mm)	28.9±6.7 ⁴⁾	32.0±8.2 ⁴⁾	27.1±6.5 ³⁾	29.2±6.1 ⁴⁾
蹄尖高 (mm)	66.2±6.1 ²⁾	66.0±8.4	65.0±5.6 ²⁾	64.4±5.6 ²⁾
蹄底長 (mm)	119.1±10.0	118.3±10.9	113.5±7.0	116.0±10.1
蹄対角長 (mm)	142.2±10.3	144.2±12.9	139.7±10.6	143.7±11.7
蹄底幅 (mm)	59.2±5.0 ³⁾	56.9±4.1 ⁴⁾	57.9±3.0 ⁴⁾	57.8±3.9 ⁴⁾
負面面積 (mm ²)	3,979±735 ⁴⁾	4,007±651 ⁴⁾	4,221±504 ⁴⁾	4,301±697 ⁴⁾
肢 飛節角度 (Å)	149.6±5.5	149.2±4.7	148.6±6.1	150.9±4.4
球節角度 (Å)	155.7±7.0	150.2±6.3	160.1±6.8	159.1±7.0
肢軸角度 (Å)	84.6±3.1 ¹⁾	81.9±2.8	85.1±3.0 ¹⁾	82.1±2.4

1): 外旋スコア2との間に $P<0.001$ の有意差を認める。2), 3), 4): 同列の内蹄との間にそれぞれ $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$ の有意差を認める。

Bulgarelli-Jimenez ら [5] はドイツホルスタインフリージアン種乳牛の後肢蹄の外旋を視覚によって3段階 (スコア1: 外旋がないか軽度, スコア2: 中等度の外旋, スコア3: 重度の外旋) に区分し, それぞれの実際の外旋角度がスコア1の例で17度未満, スコア2の例で17~24度, スコア3の例で24度以上であったとしている。本研究における後肢蹄の外旋の評価は2段階であったが, 外旋の程度と実際の角度との関連は Bulgarelli-

li-Jimenez ら [5] の研究とほぼ一致し, 視覚による後肢外旋の区分が容易かつ実際的な方法であることが確かめられた。

乳牛の後天的な後肢の外旋は外蹄蹄踵角質の過剰生長によるものか, あるいは外蹄蹄底の過敏や疼痛の忌避肢勢であるかもしれないと説明されている [12]。外旋スコア1および2の例にみられたような内蹄より高い外蹄は硬い床面では体重をより多く負担することになる

[22]. このことが長く続くと高い側の蹄底に挫傷を起こし、過敏や疼痛を生じる [22]. したがって、外旋スコア2の例にみられた後肢外蹄のより重度の出血や高い蹄底出血罹患率は外旋スコア1の例より多くの荷重がかかっていたことを示すと考えられる。このことは、外旋スコア1の例に比べて外旋スコア2の例の肢軸角度が有意に小さく、内外蹄間の荷重不均衡が外旋スコア2の例でより重度であることを示す所見 [3, 22] と一致していた。しかし、外旋スコア1の例と2の例の間に、測定した肢蹄形状に差は認められなかった。このことは、後肢蹄の外旋には外蹄の増高や蹄底の過敏や疼痛以外に、全身的な体型、乳房形状、肢蹄の形成状態（測定した項目以外の肢蹄形状）、発育、行動など複数の因子が関与していることを示唆するものと思われる。

蹄球びらの罹患率には後肢蹄の外旋程度による差は認められなかった。それは蹄球びらの主要な原因が趾間皮膚炎と関連する細菌感染 [22] や糞尿と関連する化学物質 [21] によるものであるため、後肢蹄の外旋とは関係なく蹄球に作用を及ぼすからであると考えられた。白線離開の罹患率も後肢蹄の外旋程度と関連がなかったが、いずれの外旋スコアにおいても外蹄の罹患率が明らかに高く、白線病の発生が後肢外蹄に最も多いこと [20] と一致していた。近年では、解剖学的構造から蹄底真皮の毛細血管が機械的損傷によって障害を受けやすいのに対して、蹄葉の毛細血管は全身性の代謝障害に影響を受けやすいと考えられている [17]. すなわち、蹄底出血は後肢の外旋（後肢外蹄の過荷重）と直接的に関連するのに対して、白線の病変は一次的には全身性代謝障害による真の蹄葉炎（蹄葉の機能障害）と関連し、それに加えて二次的に外蹄に過荷重がかかることと関連すると考えられている [14]. したがって、後肢の外旋程度と白線離開罹患率との間には蹄底出血にみられたような直接的な関係が認められなかったものと考えられた。

外旋スコア1の例と2の例のどちらにも共通する蹄形状は内蹄に対して外蹄の蹄踵高、蹄尖高、蹄底幅、負面積が大きいこと、すなわち外蹄の方が高くて幅の広い容量の大きい蹄であることである。高くて幅の広い後肢外蹄が形成される理由は牛が硬い床を歩行することによって力学的に後肢外蹄により大きな負担が強えられるためである [13, 22]. したがって、本研究で観察されたような蹄形状はフリーストール牛舎飼養牛蹄に特徴的なものであると考えられる。また、後肢蹄の外旋はさらに過度の負担が外蹄に強いられている姿であると考えられることができる。

本研究ではフリーストール牛舎飼養牛の後肢蹄の外旋

が外蹄の蹄底出血の存在と密接に関連することが明らかになり、後肢外旋の評価は蹄の健康状態をモニターするハードヘルスプログラムとして有用であることが示唆された。今後、飼養法や飼養環境および蹄病発生の異なる農場においても同様の調査を行う必要があると考える。

本研究は日本装蹄師会護蹄新技術開発推進対策事業平成9年度護蹄調査研究として行われた。

引用文献

- [1] 阿部紀次, 田口 清: 獣畜新報 49, 202-203 (1996)
- [2] Bergsten C, Herlin AH: Acta Vet Scand, 37, 395-408 (1996)
- [3] Blowey R: Cattle Lameness and Footcare, 19-27, Farming Press, Ipswich (1993)
- [4] Bradley HK, Shannon D, Nelson DR: Vet Rec, 125, 177-179 (1989)
- [5] Bulgarelli-Jimenez G, van Amerongen KDJ, Schukken Y, Nielsen M: 9th International Symposium on Disorders of Ruminant Digit, 25, Mitzpeh Rachel, Jerusalem (1996)
- [6] Choquette-Levy L, Baril J, Levy M, St-Pierre H: Can Vet J, 26, 278-281 (1985)
- [7] Clarkson MJ, Downham DY, Faull WB, Vet Rec, 138, 563-567 (1996)
- [8] Edwards GB: Vet Ann, 22, 99-106 (1982)
- [9] Ferguson JD, Galligan DT, Thomsen N: J Dairy Sci, 77, 2695-2730 (1994)
- [10] Greenough PR: Bovine Pract, 20, 144-149 (1985)
- [11] Greenough PR, Vermunt JJ: Vet Rec, 128, 11-17 (1991)
- [12] Greenough PR: Lameness in Cattle, Greenough PR ed, 3rd ed, 71-75, WB Saunders, Philadelphia (1997)
- [13] Kloosterman P: Lameness in Cattle, Greenough PR ed, 3rd ed, 123-137, WB Saunders, Philadelphia (1997)
- [14] Liversey CT: Proceedings of the 10th International Symposium on Lameness in Ruminants, 152, Casino Lucerne, Switzerland (1998)
- [15] Kempson SA, Logue DN: Vet Rec, 132, 499-502 (1993)
- [16] Kempson SA, Logue DN: Vet Rec, 132, 524-527 (1993)
- [17] Kempson SA, Langridge A: Proceeding of the 10th International Symposium on Lameness in Ruminants, 153, Casino Lucerne, Switzerland (1998)
- [18] Murray Rd, Downham DY, Clarkson MJ, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR: Vet Rec, 138, 586-591 (1994)
- [19] Peters DJ: Vet Clin North Am Food Anim Pract, 1, 83-90 (1985)
- [20] Russell AM, Rowlands GJ, Shaw SR, Weaver AD: Vet Rec, 111, 155-160 (1982)
- [21] Smedegaard HH: Veterinarian, 2, 299-247 (1964)
- [22] Toussaint Raven E: Cattle Footcare and Claw Trimming, 35-39, 47-48, 117-118, Farming Press, Ipswich (1973)

Relationship between Outward Rotation of Hind Feet and Subclinical
Sole Lesions in Lactating Dairy Cows

Kiyoshi TAGUCHI, Shigenobu SAGAWA, Norio YAMAGISHI,
Raden Harry SOEHARTONO and Haruo YAMADA

*Department of Veterinary Surgery, Obihiro University of Agriculture and
Veterinary Medicine, Nishi-2 Inada-cho, Obihiro 080-8555, Japan*

SUMMARY

The relationship between outward rotation of the hind feet and subclinical sole lesions was analyzed in 117 lactating Holstein cows housed in free stall. The outward rotation of the hind feet was visually classified as score 1 (none to slight rotation) and score 2 (moderate to severe rotation), and the degree of external rotation, dimensions of medial and lateral claws and subclinical sole lesions of the right hind feet were measured. The prevalence and severity of hemorrhage in the sole were higher in the lateral claws with rotation score 2 than those with rotation score 1, while the dimensions of the medial and lateral claws were not different. The results suggested that moderate to severe rotation of the hind feet might be related to prevalence and severity of hemorrhage in the sole of the lateral claw of the hind limb.

— Key words : cow hock stance, free stall, lactating cow, sole haemorrhage.

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 52, 639 ~ 643 (1999)

KITASATO

動物用医薬品

豚Hpn3価ワクチン「北研」
要指示医薬品

豚Hpn2価ワクチン「北研」
要指示医薬品

豚Hpn2型ワクチン「北研」
要指示医薬品

豚Hpn2型CF抗原「北研」

豚Hpn5型CF抗原「北研」

発売元 第一製薬株式会社 東京都中央区日本橋三丁目14番10号

製造元 社団法人 北里研究所
東京都港区白金五丁目9番1号