

乳牛の管理と蹄病

滄木孝弘

帯広畜産大学グローバルアグロメディシン研究センター（〒080-8555 北海道帯広市稲田町西2線11番地）

（2017年9月28日受付・2017年10月13日受理）

要約 牛の跛行は、健康や福祉に影響を与える重要な問題である。一般的に、乳牛は肉牛に比べて跛行の発生が多い。跛行の発生率は、飼養されている施設、管理、栄養、環境、季節、跛行の判定方法などに左右される。跛行は経済的な損失が大きく、乳量や繁殖成績の低下、淘汰率の増加を招く。跛行とは、歩行に必要な運動器系の障害が原因で、正常な姿勢や歩行ができなくなった状態の総称であり、乳牛では、跛行の原因のほとんどが蹄の病気である。蹄病は、その原因により感染性（趾皮膚炎、趾間腐爛など）と非感染性（蹄底潰瘍、蹄踵潰瘍、蹄尖潰瘍、白線病、蹄底穿孔など）に分類される。跛行を示す牛は、痛みにより、正常な行動（寝起きや歩行、飲食）が制限され、痩せていく。枡場への移動や蹄の検査などの治療に必要なプロセスは恐怖とストレスを牛に与える。このため、跛行は動物福祉の基本原則である5つの自由を牛から奪うと言われている。分娩（内分泌や代謝の変化）、全身性炎症性疾患、蹄局所の感染や外傷、年齢、食餌、高泌乳、衛生、施設、季節、遺伝などの多くの因子が関与し、蹄病の発症あるいは跛行の発現に至る。本稿では、牛群管理の視点から、乳牛における跛行および蹄病の発生リスクを高める危険因子を概説する。

——キーワード：乳牛、跛行、蹄病、危険因子、管理

はじめに

牛の跛行は、生産性や福祉に大きな影響を与える重要な問題である。一般的に、乳牛の方が肉牛よりも跛行の発生が多い。ノルウェイの肉牛生産牧場で調べた研究($n=362$)では、跛行の発生は1.1%であった [1]。また、肥育牧場における肥育牛 ($n=1,843,652$) の跛行による健康被害は約2%であったという報告もある [2]。乳牛における跛行の発生率は、跛行の判定方法や飼養されている施設、栄養、季節、環境、管理などにより差はあるが、おおよそ20～50%と高い発生率が報告されている [3-5]。また、乳牛の跛行は経済的な損失が大きく [6]、乳量の低下 [7-9] や繁殖成績の低下 [10-12]、淘汰率の増加 [12, 13] を招く。跛行を示す牛は、痛みにより、正常な行動（寝起きや歩行、飲食）が制限され、痩せていく。枡場への移動や蹄の検査などの治療に必要なプロセスは牛に恐怖とストレスを与える。このため、跛行は動物福祉の基本原則である5つの自由を牛から奪うと言われている [14]。跛行とは、歩行に必要な運動器系の障害が原因で、痛みにより正常な姿勢や歩行ができなくなった状態の総称であり、乳牛では、跛行の原因のほと

んどが蹄の病気である [15]。分娩（内分泌や代謝の変化）、全身性炎症性疾患、蹄局所の感染や外傷、年齢、食餌、高泌乳、衛生、施設、季節、遺伝などの多くの因子が関与し、跛行の発現に至る。蹄病は、その原因により感染性（趾皮膚炎、趾間腐爛など）と非感染性（蹄底潰瘍、蹄踵潰瘍、蹄尖潰瘍、白線病、蹄底穿孔など）に分類される [16]。乳牛の蹄病の中で発生率が高いのが、趾皮膚炎（Digital dermatitis）、蹄底潰瘍（Sole ulcer）および白線病（White line disease）である [17]。本稿では、牛群管理の視点から、乳牛における跛行および蹄病の発生リスクを高める危険因子を概説する。

1. 牛床 (Stall)

快適な休息スペースを牛に提供するためには、ベッド（牛床）は‘適切な設計’と‘適切な床材’と‘適切な敷料’が必要になる。快適な牛床は十分な横臥時間（12～14時間）を確保し、立っている時間を減らす。立っている時間を減らすことが、牛群の跛行リスクを軽減させる重要なポイントである [18]。実際、起立時間の延長は蹄底出血や蹄底潰瘍の発生リスクを高めることが知

られている [19].

マットレスの上に何も敷いていない場合に比べて、7.5kgのオガクズをマットレスの上に敷いた場合、有意に横臥時間が長くなり、パーチング（後肢は通路上にあり、前肢だけを牛床にのせて立っている状態）の時間が減少した [20]. Solanoらの研究では、ベッドの敷料が藁、オガクズ、カンナクズに比べて、砂のベッドでは、横臥時間が有意に長かった [21]. Espejoら（2006）は、北アメリカのフリーストール牛舎で飼養されている53の高泌乳牛群において、跛行の発生に影響を与える因子を調べた。臨床的な跛行（Locomotion score：LS \geq 3、5点法 [22]）の発生率は、平均24.6%で、3.3%から57.3%と大きな差が認められた。産次数の増加と低ボディコンディションスコア（Body condition score：BCS）以外に、ベッドの床材が有意な因子として選択された。砂のベッドは、マットレスに比べて有意に跛行の発生が低かった（17.1% vs. 27.9%, $P<0.01$ ） [4]. これらの研究は、ベッドの床材や敷料が牛の快適性を左右し、起立時間や蹄病の発生に影響することを示唆している。跛行牛に着目した研究において、マットレスでは、跛行牛は牛床で立っている時間が長くなり、横臥時間が短くなる。一方、砂のベッドでは、マットレスで認められたような牛床での起立時間の延長や横臥時間の短縮は認められなかった。著者らは、蹄に痛みがあり、寝起きが不自由な跛行牛にとっても、砂のベッドは快適性が高いのではないかと考察している [23].

牛床のデザインを検証する際には、健全な牛が、どのように横臥し、起立するかを考慮しなければならない。立ち上がろうとする牛は、まず前膝に体重をかけて、頭を前方に伸ばし、その勢いで後肢を立て、最後に前肢を立てる。これらの一連の動作を阻害する牛床の設計は、牛に無理な姿勢を強いるため、寝るのを嫌い、立っている時間が長くなることで、蹄病の発生リスクが高くなる [24-26].

2. 通路 (Flooring)

通路の床材もまた、牛の正常な歩行やスリップの防止に重要である。搾乳や採食のたびに牛が通路を移動するフリーストール牛舎では特に注意を払うべきである。タイストールが主流なノルウェイの研究では、タイストールよりもフリーストールで飼養されている牛群で蹄病の発生が多かった [27]. 牛は佇立したり、歩いたりするのに、軟らかい床材をより好む。カナダの研究では、コンクリート床のフリーストール牛舎から放牧地へ移動させたところ、1日の横臥時間は12.3時間から10.9時間に減ったにも関わらず、歩様スコアは改善した [28]. アイルランドの研究では、放牧地に比べてフリーストール

牛舎では、臨床的な跛行や重篤な蹄病の発生が多かった [29].

コンクリートの床は牛の自然な歩行に必要な摩擦を提供できず [30]、滑ってしまうため、適切な溝が必要であると考えられている [18]. しかし、コンクリート床の‘不適切な’溝は、蹄病の原因となりうる。床あるいは敷材のタイプ別に臨床的な跛行（LS \geq 3、5点法 [31]）の発生率を調べたところ、麦藁で1%、溝が無いコンクリート床で20.1%、すのこ型のコンクリート床で27.4%、溝のあるコンクリート床で最も高く、40.6%であった [32]. 他の研究でも、溝が無いコンクリート床に比べて、溝のあるコンクリート床とすのこ型のコンクリート床では白線病の罹患リスクが高くなることが示されている [33].

ゴム床では、コンクリート床に比べて歩行時のスリップが減る [34]. また、コンクリート床（すのこ型も含む）に比べて、ゴム床では白線病の発生リスクが低く [35]、蹄底潰瘍に罹患した跛行牛の歩様は良好であった [36].

3. 暑熱対策 (Heat abatement)

北アメリカでは、夏の終わりにかけて、蹄角質の疾患が増加する [37]. これは亜急性ルーメンアシドーシス (Sub-acute ruminal acidosis : SARA) のリスクが高くなることと、起立時間が長くなることが原因として考えられている [38]. ヒートストレスに曝された牛は、気道における蒸発 (気化熱) を利用して体温を下げようと、呼吸数が増える。それに伴い、肺における過度のガス交換が起こり二酸化炭素を失う。血液中の二酸化炭素が減ると、重炭酸イオンとのアンバランスを引き起こし、血液のpHはアルカリ性に傾く (呼吸性アルカローシス)。代償的に尿中への重炭酸塩の排泄が増加し、血中の重炭酸濃度は低下する (代謝性アシドーシス) [39]. 唾液中の重炭酸塩は第一胃内の重要なアルカリ性緩衝液であるため、その減少は、ルーメンアシドーシスの誘因となる。SARAと蹄葉炎の関連性は未だ明らかにされていないが、SARAにより損傷した第一胃粘膜からヒスタミンやエンドトキシンなどが血液に侵入し、蹄内の循環障害を引き起こすと考えられている [40].

牛はヒートストレスが加わると、横臥時間が減り、起立時間が長くなる。Cookらの研究では、フリーストール牛舎において、温湿度指数 (Temperature humidity index : THI) が73.8になると、熱的中性圏時 (THI = 56.2) に比べて、起立時間が1日3時間増えたと報告している [41]. これは、牛が横臥している時よりも立っている時の方が、熱喪失の効率が良いためと考えられている [42]. そして、起立時間の延長が、蹄底出血や蹄底潰瘍の発生リスクを高める [19].

夏における跛行発生の増加について、湿潤状態が関与しているという報告もある。Sandersらは、薄底（過去に該当する用語を使用した日本語の教科書や論文が見当たらないため、本稿では、過削あるいは過度の磨耗により、蹄底が薄くなった状態を薄底（Thin sole）と呼びさせていただく）および薄底が原因で生じる蹄尖潰瘍（Thin sole induced toe ulcer）の発生が夏に増加することを報告している [16]。著者らは、夏の高湿度とヒートストレス対策の冷却システム（ミストやシャワー）が関与しているのではないかと考察している。他の研究でも、薄底が認められた蹄は、より多くの水分を保持しており、過度の磨耗が原因ではないかと推察されている [43]。

4. 削蹄 (Hoof trimming)

定期的な削蹄は、負重バランスの調整や潜在的な蹄病の早期発見に重要である [44]。最低でも年2回の削蹄は、牛の健康維持に必要不可欠であると考えられる。Manskeらの研究では、年1回の削蹄に比べて年2回の削蹄は、蹄底出血や蹄底潰瘍の発生リスクを低下させ、跛行の発生も減少することを明らかにしている [45]。一方、近年問題となっているのが、削蹄による過削 (Over-trimming) が原因で起こる薄底である。いったん過削してしまうと、蹄底が薄くなり、さらには蹄尖潰瘍を招く危険性が指摘されている [46]。Koflerの研究によると、蹄尖潰瘍および末節骨の壊死と診断された53頭の牛のうち、最も考えられる原因 (49.0%) は、過削であった [47]。牛の年齢や体格、飼養環境 (通路の床面や搾乳パーラーまでの距離など) を考慮せずに削蹄を行なった場合、容易に過削は起こりうる。

世界的に広く活用されてきた 'Dutch Method' は、30年以上前に Toussaint-Raven により提唱されたホルスタイン乳牛の基本的削蹄手技であり、頭側の蹄壁を 75mm に揃えることを推奨している [48] が、近年の研究では、75mm は短すぎるという報告もある。Archer らは、ホルスタイン乳牛 68 頭の後肢の CT 画像検査を行い、蹄の外観と内部構造の関連性を調べた。蹄壁と蹄底からなる蹄尖の角度を 50° とした場合に、蹄底の厚さが 5mm 以上 (十分な蹄底の厚さ) となる割合を算出した。牛が 4 歳未満の場合、蹄壁を 75mm で切断すると 4%、80mm で切断すると 52%、85mm で切断すると 98%、90mm で切断すると 100% の牛が 5mm 以上の蹄底を確保できていた。一方、牛が 4 歳以上の場合、蹄壁を 75mm で切断すると 3%、80mm で切断すると 17%、85mm で切断すると 66%、90mm で切断すると 95% の牛が 5mm 以上の蹄底を確保できることが明らかとなった [49]。高湿度と牛の冷却システム (ミストやシャワーなど) に

より、蹄の水分含量が増す夏においては、蹄底の磨耗が加速するため、薄底になるリスクが一層高くなること [16] は前述したとおりである。

熟練した削蹄師による削蹄の前後で牛の歩様変化を調べた研究では、正常な歩様の牛 (LS = 1, 5 点法 [22]) の割合が有意に減ったことから、削蹄は、牛に違和感や痛みを与えている可能性が示唆された。また、臨床的な跛行を示した牛 (LS \geq 3) の割合は、削蹄前の 14% から、削蹄後には 34% まで増加し、削蹄後 2 ヶ月経過した後も削蹄前より跛行牛の割合が多かった [50]。'定期的な' 削蹄は、牧場内の跛行牛の割合を増やしているという報告もある [51]。著者らは、跛行牛の治療を削蹄師に依存している牧場では、定期的な削蹄まで、跛行牛が放置される傾向があるのではないかと考察している。趾皮膚炎は直接的に削蹄とは関係しない感染性の蹄疾患であるが、削蹄師あるいは農家が単独で削蹄を行っている牧場に比べて、削蹄師と農家が共に削蹄に関わっている牧場において、趾皮膚炎の発生リスクが最も低かったという報告もある [52]。

5. 蹄浴 (Hoof bath)

蹄浴は、趾皮膚炎などの感染性蹄疾患のコントロールに有用な管理手法の一つであるが、不適切なデザインや運用により、跛行を招く危険性が指摘されている [53]。しかしながら、日本国内はもとより世界的にも、蹄浴槽の設計や蹄浴の運用に関するスタンダードは存在しない [54]。蹄浴は、蹄周囲の有機物を落とし、綺麗にする作用があるが、水で蹄を洗浄した研究では、新たな趾皮膚炎の予防には効果がなかったとされている [55]。硫酸銅が最も効果的な蹄浴剤として広く知られているが、廃棄に伴う環境汚染の観点から、蹄浴剤としての使用が禁止されている国もある。硫酸銅は収斂作用を有しているため、硫酸銅を用いた蹄浴により蹄の角質は硬くなることが明らかになっている [56]。しかし、蹄病の予防という観点から、蹄角質が硬くなること自体の重要性は未だ明らかにされていない。フィールドから分離した *Treponema* spp に対する硫酸銅の殺菌効果が、ホルムアルデヒドやグルタルアルデヒドに比べて強いことは *in vitro* で確認されている [57]。蹄浴槽のデザインは、ターゲットとする場所 (蹄周囲の皮膚) に蹄浴剤を付着させるためには非常に重要であり、その効果を決める重要な因子となる。Cook らは、蹄浴剤のプールに後肢を 2 回以上浸けるためには、長さ 3.0m 以上の蹄浴槽が必要であり、薬剤の使用を最小限にするために蹄浴槽の幅を 0.6m、高さを 0.28m にすることを推奨している [58]。また、Solano らは、趾皮膚炎の発生が多い牧場において、5% の硫酸銅を用いて、搾乳時に連続で 4 回の蹄浴 (2

回搾乳であれば2日間連続で朝と夕方に実施し、200頭通過したら新しい薬液に交換する)を毎週実施することで活性病変のコントロールに成功している [59]. 感染性の蹄疾患に対する蹄浴の効果を検証した研究論文は数多くあるが、これらの科学的情報を臨床応用する際は、研究の目的(治療か予防か)、蹄浴槽の設計や運用方法、使用した蹄浴剤および効果の判定方法などを注意深く読み取る必要があるであろう。

6. 日常的な管理 (Daily management)

6-1. ハンドリング (Handling)

日常的な牛のハンドリングもまた、蹄病の発生に影響を与える重要な因子である。牛を移動させる際の不必要なストレス(身体的苦痛を与える行為や驚かせる行為)や不適切なハンドリングは、牛の滑走や転倒、突発的な逃避行動を招き、蹄に傷害を与える危険性が高くなる [60-62]. また、牛は搾乳パーラーへ誘導される時よりも、削蹄用枠場に誘導される時の方が、より強いストレスを感じる事が知られており [63, 64], ハンドリングには特に配慮が必要となる。蹄病の予防はもとより、作業の安全性確保や動物福祉の観点からも、ストレスの少ないハンドリング (Low stress cow handling) が求められるであろう [18].

6-2. 搾乳時間 (Milking time)

飼養スタイルの違い(タイストール vs. フリーストール vs. ロボット)や1日の搾乳回数(2回 vs. 3回)、ペンから搾乳パーラーまでの距離などにより、1日のうちで牛が搾乳のために拘束される時間は大きく異なる。フリーストール牛舎で飼養される高泌乳牛群を対象に行われた疫学的研究では、1日のうちで搾乳のために拘束される時間は、下位25%の牛群で平均160分、上位25%の牛群で351分であり、大きな差があることが明らかになった。また、搾乳のために長時間ペンを離れることは、跛行の発生リスクを高める有意な因子であることが明らかとなった [24]. 搾乳時間は1ペン当たりの収容頭数に影響を受けており、搾乳時間が長いほど、採食している時間や横臥している時間が短くなったという報告もある [23]. また、Endresは獣医師による診察や人工授精のために牛を拘束するのは、1日60分以内を推奨している [18].

6-3. 飼育密度 (Stocking density)

牛の収容頭数がストール数を超えると、横臥時間が短くなり、ストールの外で起立している時間は長くなる [65]. フリーストール牛舎において、飼育密度(牛床数に対する牛の収容頭数)毎に牛の1日の行動を観察する

と、通路で佇立している牛の割合は、飼育密度が100%で10.9%, 113%で12.0%, 131%で14.4%, 142%で16.5%であった [66].

7. 早期発見 (Early detection)

跛行の早期発見と蹄の早期治療は、蹄病を重症化させないためにも重要である。また、跛行の発見後すぐに治療した牛では、再発のリスクも低くなる [67]. しかしながら、一般的に牛群の管理者による跛行牛の早期発見に対する認識は低い。Wellsらの報告では、管理者が認識している跛行牛の頭数に対して、実際には2.5倍の牛が臨床的な跛行を示していた [68]. また、Espejoらの報告でも、管理者の把握していた跛行牛の3.1倍の牛が跛行症状を示していた [4]. 別の報告では、臨床的な跛行が発現してから、農家に認識されるまでの中央値は28日であった [69]. 臨床的な跛行が発現してから、4週間以内に治療が施された牛は7割程度であったという報告もある [67]. 跛行を判断する基準の違いや、日常的に牛群を観察する担当者の有無、積極的に異常牛を発見しようとする意識の違いなどが、跛行牛の発見や認識の違いが生じるものと考えられる。

8. 栄養状態 (Nutritional status)

跛行は、牛の1日の時間配分 (Time budget) を変える。痛みにより、ベッドから餌場まで歩いていく回数や採食時間が減り [23], 痩せていく。一般的に、跛行牛が次第に痩せていくことは広く認識されているが、逆に、痩せている牛が蹄病に罹患するリスクが高いことも多くの研究で指摘されている。アメリカで行われた疫学的研究では、BCSが2.5以下(5点法 [70])の牛は、跛行に罹患するリスクが高くなると結論づけている [4]. ドイツで行われた研究でも、分娩時や泌乳初期にBCSが3.0未満(5点法 [71])の牛は、跛行や淘汰のリスクが高まると報告されている [72]. Randallらは、初産時の低体重や、分娩後4週間のBCSの低下なども、その後の跛行発生リスクを高める危険因子であると報告している [73]. 蹄踵に近い蹄底内部には、末節骨の下の結合組織に脂肪を豊富に含んだ蹄球枕 (Digital cushion) と呼ばれる部位が存在し [48], 歩行時には、沈下する末節骨を受け止めるクッションとしての役割を担っている。Bicalhoらは超音波画像診断装置を用いて、ホルスタイン乳牛の蹄球枕の厚さを測定し、BCSや蹄病の発生、泌乳ステージとの関連性を調べた [74]. 蹄球枕の厚さはBCSと有意な正の相関関係にあり、蹄球枕が薄くなると、蹄底潰瘍や白線病の罹患リスクが高くなることが明らかとなった。また、蹄球枕の厚さは、分娩後に薄くなっていき、分娩後120日に最も薄くなることが示された。こ

の変化はBCSの分娩後の変化 [75] とも一致している。分娩時のBCSは、分娩後のBCS低下や乳量、周産期疾病の発生に大きな影響を与える [76]。適切なBCS (3.0-3.25, 5点法) で分娩を迎えることは、跛行の予防に限らず、健康や生産性の観点からも重要な牛群管理のポイントであろう。過肥が跛行のリスク因子とする報告は少ないが、Gearhartらは、乾乳時にBCSが4以上 (5点法) の牛は分娩後の蹄疾患の発症リスクが高くなると報告している [77]。その機序については明らかにされていないが、過肥に関連する代謝性疾患と同様、周産期に悪影響を及ぼすのかもしれない。

9. バイオセキュリティ (Biosecurity)

感染性蹄疾患の予防は、他の伝染病と同様、牧場外からの侵入や牧場内での伝播を最小限に抑えることが重要なポイントである。Oliveiraらは、デンマークの39軒の酪農場において、8,260頭の乳用牛の後肢を検査し、趾皮膚炎の発生リスクを高める因子を検証した。Mステージ・スコア [78, 79] を用いて、M1からM4.1の病変が認められた場合を陽性とし、両側の後肢に病変がない場合 (M0) を陰性とした。解析の結果、1年以内に購入した導入牛がいること、訪問者用の長靴が準備されていないこと、従業員が他の牧場でも働いていること、他の牧場で使用した作業車を使用していることなどが、趾皮膚炎の発生リスクを高める有意な外部因子 (牧場外からの侵入リスクを高める因子) として選ばれた。また、蹄浴を実施していないか頻度が少ないこと、通路の糞尿を清掃する頻度が少ないこと、ペンの出口に洗浄用のホースが設置されていないこと、糞尿の清掃に使う機械を他の作業でも使っていること、牛群サイズが大きいことなどが趾皮膚炎の発生リスクを高める内部因子 (牧場内での伝播リスクを高める因子) として選ばれた [52]。代表的な感染性蹄疾患である趾皮膚炎の発生には、牧場間あるいは牧場内で遵守すべきバイオセキュリティが非常に大きな役割を果たしていることが示唆された。

おわりに

跛行は生産病であり、人災である。跛行の発生が多い牧場では、生産性のみならず動物福祉の観点からも、日常の管理を見直す必要があるであろう。本稿がその一助になれば幸いである。

謝辞

本稿の推敲をいただいた帯広畜産大学の伊藤めぐみ博士に厚く御礼申し上げます。また、牛の蹄病に関する様々な情報や研修の機会を与えていただいたジンプロ・アニマル・ニュートリション (ジャパン) インクの

関係各位に心より御礼申し上げます。

文献

1. Fjeldaas T et al. : Claw and limb disorders in 12 Norwegian beef-cow herds. *Acta Vet Scand*, 49, 24 (2007)
2. Griffin D et al. : Feedlot lameness. Historical Materials from University of Nebraska- Lincoln Extension, G93-1159-A (1993)
3. Barker ZE et al. : Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *J Dairy Sci*, 93, 932-941 (2010)
4. Espejo LA et al. : Prevalence of lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *J Dairy Sci*, 89, 3052-3058 (2006)
5. Von Keyserlingk MA et al. : Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 95, 7399-7408 (2012)
6. Cha E et al. : The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev Vet Med*, 97, 1-8 (2010)
7. Hernandez JA et al. : Comparison of milk yield in dairy cows with different degrees of lameness. *J Am Vet Med Assoc*, 227, 1292-1296 (2005)
8. Green LE et al. : The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci*, 85, 2250-2256 (2002)
9. Warnick LD et al. : The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J Dairy Sci*, 84, 1988-1997 (2001)
10. Peake KA et al. : Effects of lameness, subclinical mastitis and loss of body condition on the reproductive performance of dairy cows. *Vet Rec*, 168, 301 (2011)
11. Hudson CD et al. : Using simulation to interpret a discrete time survival model in a complex biological system: fertility and lameness in dairy cows. *PLoS One*, 9, e103426 (2014)
12. Bicalho RC et al. Association between a visual and an automated locomotion score in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci*, 90, 3294-3300 (2007)
13. Booth CJ et al. : Effect of lameness on culling in dairy cows. *J Dairy Sci*, 87, 4115-4122 (2004)
14. Whay HR, Shearer JK : The impact of lameness on welfare of the dairy cow. *Vet Clin North Am*

- Food Anim Pract, 33, 153–164 (2017)
15. Van Nuffel A et al. : Lameness detection in dairy cows: Part 1. How to Distinguish between Non-Lame and Lame Cows Based on Differences in Locomotion or Behavior. *Animals (Basel)*, 5, 838–860 (2015)
 16. Sanders AH et al. : Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 92, 3165–3174 (2009)
 17. DeFrain JM et al. : Analysis of foot health records from 17 confinement dairies. *J Dairy Sci*, 96, 7329–7339 (2013)
 18. Endres MI : The relationship of cow comfort and flooring to lameness disorders in dairy cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 33, 227–233 (2017)
 19. Leonard FC et al. : Effect of overcrowding on claw health in first-calved Friesian heifers. *Br Vet J*, 152, 459–472 (1996)
 20. Tucker CB, Weary DM : Bedding on geotextile mattresses: how much is needed to improve cow comfort? *J Dairy Sci*, 87, 2889–2895 (2004)
 21. Solano L et al. : Associations between lying behavior and lameness in Canadian Holstein–Friesian cows housed in freestall barns. *J Dairy Sci*, 99, 2086–2101 (2016)
 22. Sprecher DJ et al. : A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47, 1179–1187 (1997)
 23. Gomez A, Cook NB : Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *J Dairy Sci*, 93, 5772–5781 (2010)
 24. Espejo LA, Endres MI : Herd-level risk factors for lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns. *J Dairy Sci*, 90, 306–314 (2007)
 25. Dippel S et al. : Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries. *J Dairy Sci*, 92, 5476–5486 (2009)
 26. Westin R et al. Cow- and farm-level risk factors for lameness on dairy farms with automated milking systems. *J Dairy Sci*, 99, 3732–3743 (2016)
 27. Sogstad AM et al. Prevalence of claw lesions in Norwegian dairy cattle housed in tie stalls and free stalls. *Prev Vet Med*, 70, 191–209 (2005)
 28. Hernandez-Mendo O et al. : Effects of pasture on lameness in dairy cows. *J Dairy Sci*, 90, 1209–1214 (2007)
 29. Olmos G et al. : Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. *Livest Sci*, 125, 199–207 (2009)
 30. Van der Tol PP et al. : Frictional forces required for unrestrained locomotion in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 88, 615–624 (2005)
 31. Manson FJ, Leaver JD : The influence of concentrate amount on locomotion and clinical lameness in dairy cattle. *Anim Prod*, 47, 185–190 (1988)
 32. Frankena K et al. The effect of digital lesions and floor type on locomotion score in Dutch dairy cows. *Prev Vet Med*, 88, 150–157 (2009)
 33. Barker ZE et al. : Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease, and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *J Dairy Sci*, 92, 1971–1978 (2009)
 34. Rushen J, de Passillé AM : Effects of roughness and compressibility of flooring on cow locomotion. *J Dairy Sci*, 89, 2965–2972 (2006)
 35. Fjeldaas T et al. : Locomotion and claw disorders in Norwegian dairy cows housed in freestalls with slatted concrete, solid concrete, or solid rubber flooring in the alleys. *J Dairy Sci*, 94, 1243–1255 (2011)
 36. Flower FC et al. : Softer, higher-friction flooring improves gait of cows with and without sole ulcers. *J Dairy Sci*, 90, 1235–1242 (2007)
 37. Cook NB, Nordlund KV : The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet J*, 179, 360–369 (2009)
 38. Stone WC : Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 87 (Suppl), E13–E26 (2004)
 39. West JW : Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 86, 2131–2144 (2003)
 40. Vermunt JJ : “Subclinical” laminitis in dairy cattle. *N Z Vet J*, 40, 133–138 (1992)
 41. Cook NB et al. : The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 90, 1674–1682 (2007)
 42. Igono MO et al. : Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray, and fan system versus shade for Holstein cows during summer heat. *J Dairy Sci*, 70, 1069–1079 (1987)
 43. Van Amstel SR et al. : Moisture content, thickness, and lesions of sole horn associated with thin soles in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 87, 757–763 (2004)

44. Bicalho RC, Oikonomou G. Control and prevention of lameness associated with claw lesions in dairy cows. *Livest Sci*, 156, 96–105 (2013)
45. Manske T et al. : The effect of claw trimming on the hoof health of Swedish dairy cattle. *Prev Vet Med*, 54, 113–129 (2002)
46. Shearer JK, Van Amstel SR : Traumatic lesions of the sole. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 33, 271–281 (2017)
47. Kofler J : Clinical study of toe ulcer and necrosis of the apex of the distal phalanx in 53 cattle. *Vet J*, 157, 139–147 (1999)
48. Toussaint–Raven E : Cattle footcare and claw trimming. Farming Press Books, Ipswich, UK (1985)
49. Archer SC et al. : Claw length recommendations for dairy cow foot trimming. *Vet Rec*, 177, 222 (2015)
50. Van Hertem T et al. : The effect of routine hoof trimming on locomotion score, ruminating time, activity, and milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci*, 97, 4852–4863 (2014)
51. Barker ZE et al. : Management factors associated with impaired locomotion in dairy cows in England and Wales. *J Dairy Sci*, 90, 3270–3277 (2007)
52. Oliveira VHS et al. : Associations between biosecurity practices and bovine digital dermatitis in Danish dairy herds. *J Dairy Sci*, pii: S0022-0302(17)30755-5 (2017)
53. Amory JR et al. : Risk factors for reduced locomotion in dairy cattle on nineteen farms in The Netherlands. *J Dairy Sci*, 89, 1509–1515 (2006)
54. Cook NB : A Review of the Design and Management of Footbaths for Dairy Cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 33, 195–225 (2017)
55. Thomsen PT et al. : Automatic washing of hooves can help control digital dermatitis in dairy cows. *J Dairy Sci*, 95, 7195–7199 (2012)
56. Fjeldaas T et al. : Water footbath, automatic flushing, and disinfection to improve the health of bovine feet. *J Dairy Sci*, 97, 2835–2846 (2014)
57. Hartshorn RE et al. : Minimum bactericidal concentration of disinfectants evaluated for bovine digital dermatitis-associated *Treponema phagedenis*-like spirochetes. *J Dairy Sci*, 96, 3034–3038 (2013)
58. Cook NB et al. : Observations on the design and use of footbaths for the control of infectious hoof disease in dairy cattle. *Vet J*, 193, 669–673 (2012)
59. Solano L et al. : Effectiveness of a standardized footbath protocol for prevention of digital dermatitis. *J Dairy Sci*, 100, 1295–1307 (2017)
60. Chesterton RN et al. Environmental and behavioural factors affecting the prevalence of foot lameness in New Zealand dairy herds—a case-control study. *N Z Vet J*, 37, 135–42 (1989)
61. Rouha–Mülleder C et al. : Relative importance of factors influencing the prevalence of lameness in Austrian cubicle loose-housed dairy cows. *Prev Vet Med*, 92, 123–133 (2009)
62. Ranjbar S et al. : Identifying risk factors associated with lameness in pasture-based dairy herds. *J Dairy Sci*, 99, 7495–7505 (2016)
63. Lindahl C et al. : The Effect of Stress, Attitudes, and Behavior on Safety during Animal Handling in Swedish Dairy Farming. *J Agric Saf Health*, 21, 13–34 (2015)
64. Lindahl C et al. : Human–animal interactions and safety during dairy cattle handling—Comparing moving cows to milking and hoof trimming. *J Dairy Sci*, 99, 2131–2141 (2016)
65. Fregonesi JA et al. : Overstocking reduces lying time in dairy cows. *J Dairy Sci*, 90, 3349–3354 (2007)
66. Krawczel PD et al. : Effect of stocking density on indices of cow comfort. *J Dairy Sci*, 91, 1903–1907 (2008)
67. Leach KA et al. : The effects of early treatment for hindlimb lameness in dairy cows on four commercial UK farms. *Vet J*, 193, 626–632 (2012)
68. Wells SJ et al. : Prevalence and severity of lameness in lactating dairy cows in a sample of Minnesota and Wisconsin herds. *J Am Vet Med Assoc*, 202, 78–82 (1993)
69. Alawneh JI et al. : Interval between detection of lameness by locomotion scoring and treatment for lameness: a survival analysis. *Vet J*, 193, 622–625 (2012)
70. Ferguson JD et al. : Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J Dairy Sci*, 77, 2695–2703 (1994)
71. Edmonson AJ et al. : A body condition chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 72, 68–78 (1989)
72. Hoedemaker M et al. : Body condition change ante- and postpartum, health and reproductive performance in German Holstein cows. *Reprod Domest Anim*, 44, 167–173 (2009)

73. Randall LV et al. : Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd. *J Dairy Sci*, 98, 3766-3777 (2015)
74. Bicalho et al. : Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *J Dairy Sci*, 92, 3175-3184 (2009)
75. Waltner SS et al. : Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J Dairy Sci*, 76, 3410-3419 (1993)
76. Roche JR et al. : Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J Dairy Sci*, 92, 5769-5801 (2009)
77. Gearhart MA et al. : Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J Dairy Sci*, 73, 3132-3140 (1990)
78. Döpfer D et al. : Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet Rec*, 140, 620-623 (1997)
79. Berry SL et al. : Long-term observations on the dynamics of bovine digital dermatitis lesions on a California dairy after topical treatment with lincomycin HCl. *Vet J*, 193, 654-658 (2012)

Review: Management-related risk factors for lameness in dairy cattle

Takahiro AOKI DVM, PhD

*Research Center for Global Agro-Medicine, Obihiro University of Agriculture and
Veterinary Medicine (Nishi 2-11, Inada-cho, Obihiro, Hokkaido, 080-8555, Japan)
E-mail: aokit@obihiro.ac.jp*

ABSTRACT Lameness, defined as an abnormal gait that usually results from pain associated with disease or injury to the foot or proximal limb, is a significant multifactorial disorder that is one of the most important health and welfare issues in cattle. Dairy cows usually have a higher incidence of lameness than beef cows. The wide range of reported prevalence of lameness reflects differences in various factors, including the method of determining lameness, housing, nutrition, seasonality, environment, and management. Lameness is accountable for serious economic loss, such as decrease in milk yield, poor reproductive performance, and increase in culling rate. Foot disorders account for most cases of lameness in dairy cattle and are often classified as infectious or noninfectious based on their etiology. Digital dermatitis and foot rot (interdigital phlegmon) are examples of infectious diseases of the foot. Noninfectious claw diseases include sole ulcer, heel ulcer, toe ulcer, white line disease, and sole puncture. Lameness limits the routine activities of cows, such as getting up, lying down, walking, and eating, because of unbearable pain, leading to undernourishment. The examination and treatment for hoof disease cause fear and stress in cows. Therefore, it is said that lameness deprives cows of five freedoms (basic principle of animal welfare). Calving (hormonal and metabolic changes), systemic inflammatory diseases, local infection, trauma, age, nutrition, high milk production, hygiene, facility, season, and genetic factors are involved in the onset of lameness. This review article summarizes the risk factors associated with lameness and hoof diseases from the perspective of herd management of dairy cattle.

—**Key Words** : dairy cattle, lameness, hoof disease, risk factors, management