

Original Article

국내 사육중인 젖소에서 발생하는 재발성 유열의 특징 분석

전령훈, 노규진*

경상대학교 수의과대학

Incidence Analysis of Recurrent Milk Fever in Korean Domestic Dairy Cattle

Ryoung-Hoon Jeon and Gyu-Jin Rho*

College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Received March 13, 2019

Revised March 20, 2019

Accepted March 22, 2019

*Correspondence

Gyu-Jin Rho

Department of Theriogenology and Biotechnology, College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, 501 Jinju-daero, Jinju 52828, Korea

Tel: +82-55-772-2347

Fax: +82-55-772-2349

E-mail: jinrho@gnu.ac.kr

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-6264-0017>

ABSTRACT Milk fever is a metabolic disease with manifestation of clinical signs due to hypocalcemia, which usually occurs within 48-72 h after delivery. However, even after a successful treatment of milk fever, recurrence of milk fever may occur, and studies on recurrent milk fever are still lacking. Accordingly, the present study was conducted for the purpose of identifying the characteristics of recurrent milk fever according to farm, season, parity, and dystocia that can cause physiological changes in the mother during peri- and postpartum periods. The analysis results showed that the incidence rate of initial and recurrent milk fever according to breeding farm was 5.7%-14.1% and 3.1%-7.2%, respectively, demonstrating a positive correlation between the initial and recurrent milk fever ($r = 0.613$, $p < 0.01$). With respect to season, the incidence rate of initial and recurrent milk fever during summer was 12.3% and 7.5%, respectively, which were significantly higher than that of other seasons ($p < 0.05$). In addition, the recurrence rate, the ratio of recurrence relative to initial milk fever, was highest during summer with 62.7%. Regarding parity, the incidence rate of initial and recurrent milk fever in 3rd parity was 11.1% and 5.8%, respectively, which was significantly higher than in 1st and 2nd parity ($p < 0.05$). Furthermore, the recurrence rate in 4th parity was 64.1%, showing a pattern of increase in incidence rate with increase in parity. Finally, there were no differences in the incidence rate of initial and recurrent milk fever according to eutocia and dystocia. The findings indicated that the incidence rate of initial milk fever should be reduced to effectively prevent the recurrent milk fever, while animals with 3rd parity or higher should be expected to occur high rate of recurrent milk fever, especially during summer, and the necessary preparations should be made for intensive treatment of such individuals.

Keywords: dystocia, farm, parity, recurrent milk fever, season

서론

유열(milk fever)은 젖소에서 가장 흔하고 중요한 대사성 질병으로써 혈중 칼슘 농도가 신경조직과 근육조직의 기능을 유지하기 위한 수준 이하로($< 1.625 \text{ mmol/L}$) 감소하는 것이 유열 발생의 직접적인 원인이며, 흥분, 파행, 후지의 강직 또는 의식상실과 같은 전형적인 임상 증상을 동반하는 경우 유열로 진단한다(Lean 등, 2006; DeGaris와 Lean, 2008; Goff, 2008).

평균 유열 발생률은 5-10%로 사육 국가, 젖소 품종, 사양 조건, 산차 및 분만 전후 동반된 발생 질병을 포함한 다양한 요인에 따라 차이를 나타내며, 일반적으로 유열이 발생한 개체는 5% 이하의 치사율을 보인다(Chiwome 등, 2017; Saborio-Montero 등, 2017). 유열 예방을 위해 건유기 칼슘섭취량 제한 또는 Vitamin D3 (1, 25-dihydroxycholecalciferol) 주사가 사용되지만, 대량의 칼슘 손실이 발생하는 초유(colostrum) 생산의 특성상 완전한 예방은 어렵다(Roche, 2003; Goff, 2008).

치료는 칼슘 제제(calcium gluconate 또는 calcium borogluconate)를 정맥주사하여 혈중 칼슘농도를 회복시키는 것을 기본으로 하며, 착유 중인 경우는 비유 과정에서 손실되는 체내 칼슘양을 줄이기 위해 착유를 중지한다(DeGaris와 Lean, 2008). 발생초기에는 치료효율이 높으며 예후가 좋은 편이지만 치료하지 못한 경우 위운동 감소, 반추 정지와 저체온을 보이다가 혼수와 심박동 미약을 거쳐 폐사에 이른다(Thilising-Hansen 등, 2002; Goff, 2008). 치료 시기를 놓쳐서 사지 강직 또는 혼수로 인해 장기간 횡와 시에는 압박부위의 괴사를 초래하며, 좌골신경과 비골신경이 괴사되는 경우 기립불능증에 빠지기도 한다(Moosavi 등, 2014).

일부 개체는 원발성 유열(initial milk fever) 치료 이후에도 재발성 유열(recurrent milk fever) 보이며, 발생 개체는 체력손실의 누적으로 인해 회복이 느리고 질환 기간의 연장에 따른 합병증 증가, 치료비용 상승, 추가 노동력 소요 등을 유발하여 젖소의 생산력을 감소시키지만 이에 대한 국내 연구는 부족한 편이다(Daniel, 1983; Moosavi 등, 2014).

성공적인 유열 치료를 위해서는 빠른 발견과 치료가 중요하기 때문에 지속적인 모니터링뿐만 아니라 발생하는 유열의 종류별로 특성을 분석하여 예측도를 향상시키고 신속하게 대응할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 재발성 유열의 발생 특성을 밝히기 위해 분만 전후 젖소의 생리상태에 영향을 주는 사육 농가, 분만 계절, 산차 및 난산에 따른 원발성 유열과 재발성 유열을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

공시동물

유열 분석을 위해 경북지역 9개 농장에서 2011년 1월부터 2018년 12월까지 분만한 총 2158두의 홀스타인 젖소 데이터가

사용되었다. 연구를 시작하는 당시 모든 농장은 15년 이상 운영되어 왔으며, 조사 기간 내 30두 이상의 착유 규모를 유지하였다.

유열의 진단 및 치료

분만 후 흥분, 이 갈음, 파행, 저체온 및 사지 개장과 같은 전형적인 유열의 임상 증상으로 진단하였으며, 치료는 표준 유열 치료법에 따라 글루콘산 칼슘(calcium gluconate)을 정맥으로 공급하였다(DeGaris와 Lean, 2008). 스스로 기립하여 정상적인 보행을 하며, 사료섭취를 시작하는 것을 유열이 치료된 것으로 판단하였다.

조사 항목 및 방법

분만 후 처음 발생하는 경우와 치료 후 동일 산차내에서 다시 발생하는 경우를 각각 원발성 유열과 재발성 유열로 판정하였다. 개체당 재발성 유열의 발생률을 비교하기 위해 원발성유열 대비 재발성 유열의 발생률(Recurrent milk fever/Initial milk fever, R/I) 비교하였다. 사육농장, 계절, 산차 및 난산이 유열의 재발에 미치는 영향을 분석하였다. 계절은 봄(3월-5월), 여름(6월-8월), 가을(9월-11월) 및 겨울(12월-2월)로 구분하였으며, 모체 스스로 분만을 수행할 수 없고 사람의 도움으로 분만을 완료한 경우를 난산으로 판정하였다.

통계분석

각 요인에 따른 유열 발생의 변화를 분석하기 위해 Prism 7 (GraphPad Software, CA, USA)를 이용하여 피어슨 상관분석(Pearson correlation coefficient), one way ANOVA 및 t-test를 수행하였다. $p < 0.05$ 인 경우 통계적 유의성을 갖는 것으로 판정하였다.

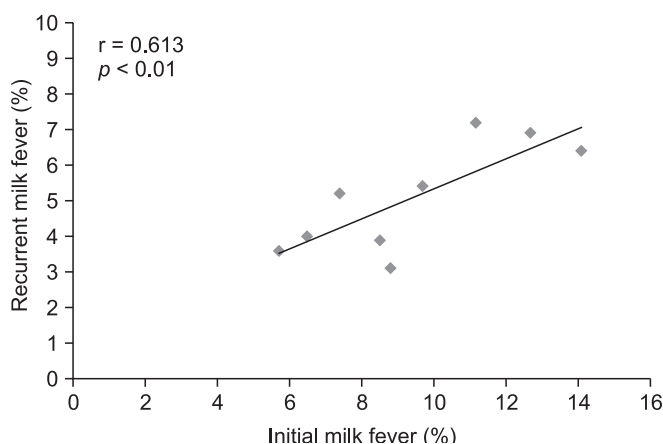


Fig. 1. Correlation between incidence of initial milk fever and recurrent milk fever by 9 dairy farms using Pearson's correlation. Initial milk fever is the first occurrence of milk fever following parturition, whereas recurrent milk fever is recurrence after recovery from initial milk fever in the same parity. A total of 203 cases of initial milk fever and 110 of recurrent milk fever from 2158 parturitions were included in data analysis.

로 판단하였으며, 발생률은 mean ± SD로 나타내었다.

결 과

사육농장별 발생특성

분석 기간 동안 분만한 2158두 중, 203두에서 원발성 유열이

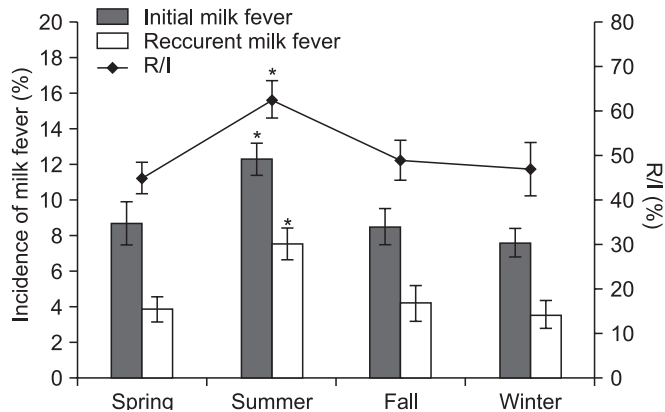


Fig. 2. Incidence of initial milk fever and recurrent milk fever in dairy cattle according to season. Initial milk fever (I) is the first occurrence of milk fever following parturition, whereas recurrent milk fever (R) is recurrence after recovery from initial milk fever in the same parity. Recurrence rate (R/I) is the ratio of recurrence relative to initial milk fever. A total of 203 cases of initial milk fever and 110 of recurrent milk fever from 2158 parturitions were included in data analysis. * $p < 0.05$, designating significantly different values compared with other seasons.

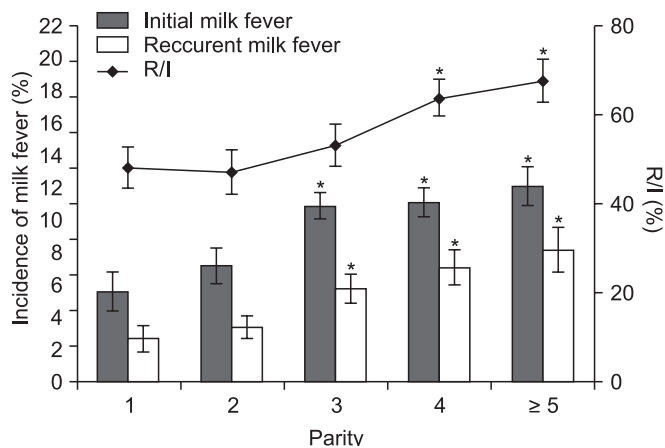


Fig. 3. Incidence of initial milk fever and recurrent milk fever in dairy cattle according to parity. Initial milk fever (I) is the first occurrence of milk fever following parturition, whereas recurrent milk fever (R) is recurrence after recovery from initial milk fever in the same parity. Recurrence rate (R/I) is the ratio of recurrence relative to initial milk fever. A total of 203 cases of initial milk fever and 110 of recurrent milk fever from 2158 parturitions were included in data analysis. * $p < 0.05$, designating significantly different values compared with other parities.

발생했으며, 이 중 110두에서 재발성 유열이 확인되었고 전체 R/I는 54.2%를 보였다. 농장별 원발성 유열과 재발성 유열은 각각 5.7%-14.1%와 3.1%-7.2%로 다양한 수준으로 발생하였다. 원발성 유열이 높은 농장은 재발성 유열이 높은 경향을 나타냈으며, 분석 결과 중간정도(moderate, $r = 0.613$) 수준의 유의적인($p < 0.01$) 상관성이 인정되었고 농장별 R/I는 35.2%-70.3% 을 보였다(Fig. 1).

계절에 따른 유열 발생특성

여름철 원발성 유열과 재발성 유열의 발생률은 각각 12.3%와 7.5%로 나머지 계절보다 유의적으로($p < 0.05$) 높았다. 또한 두 종류의 유열 모두 여름을 제외한 계절 사이에는 차이가 없었으며, 전체적으로 계절에 따른 원발성 유열과 재발성 유열은 발생 양상은 유사하였다. R/I도 마찬가지로 여름이 62.7%로 다른 계절보다 유의적으로($p < 0.05$) 높았으며, 나머지 계절 사이에는 차이를 보이지 않았다(Fig. 2).

산차에 따른 유열 발생특성

원발성 유열과 재발성 유열 모두 3산까지는 산차 증가와 더불어 발생이 증가하는 양상을 보였으며, 두 종류의 유열 모두 3산 이상에서 유의적인($p < 0.05$) 증가가 인정되었다. 3산 이후에서 원발성 유열은 발생률이 높게 유지되었으며, 재발성 유열은 계속 증가하는 양상을 보였다. R/I 은 1산에서 3산까지 유지되었고 4산과 5산 이상에서 유의적으로($p < 0.05$) 증가하였다(Fig. 3).

난산이 유열 발생에 미치는 영향

조사 기간 내 유열로 진단된 개체의 정상분만과 난산 수는 각각 171회와 32회였다. 정상분만의 경우 원발성 유열과 재발성 유열은 각각 9.7%와 5.2% 발생하였고 난산의 경우 각각 8.5%와 4.8% 발생하였으며, 정상분만과 난산에 따른 발생률 차이는 두가지 유열 모두에서 인정되지 않았다(Table 1).

고 찰

유열은 발생원인인 저칼슘혈증의 교정을 통해 신속하게 회복되는 질병으로 일반적으로 예후는 좋지만, 일부 개체에서는 재발성

Table 1. Incidence of initial milk fever and recurrent milk fever in dairy cattle according to parturition types

Parturition type	No. of parturition	No. of initial milk fever (%)	No. of recurrent milk fever (%)	R/I† (%)
Eutocia	1841	171 (9.7 ± 2.3)	93 (5.2 ± 2.5)	53.6 ± 4.8
Dystocia	317	32 (8.5 ± 3.1)	17 (4.8 ± 3.2)	56.4 ± 7.2
Total	2158	203 (9.3 ± 2.5)	110 (5.1 ± 2.7)	54.7 ± 5.5

†R/I is the ratio of recurrent milk fever relative to initial milk fever.

하여 추가적인 체력손실과 생산력 저하를 유발하기 때문에 문제가 되고 있다. 따라서 본 연구는 재발성 유열의 발생특성을 밝히기 위해 사육농장, 계절, 산차 및 난산에 따른 원발성 유열과 재발성 유열을 발생을 분석하였다. 이를 통해 재발성 유열의 발생은 일반적으로 원발성 유열과 유사한 양상을 보이며, 계절 요인에서 여름, 산차요인에서 3산 이상이 적용될 때 높아지는 것을 밝혔다.

동물은 변화하는 체내조건과 체외환경에 대응하기 위해 충분한 적응 기간이 필요하며, 급격한 변동으로 인해 체내 항상성이 적절하게 유지 되지 못하는 경우 질병이 쉽게 발생한다(McDougall, 2001; Lean 등, 2006). 젖소의 경우 단기간내 건유기, 분만기 및 비유기로 이행하기 때문에 이 시기에는 유열, 케토시스 및 제4위 전위증 등 다양한 질병에 쉽게 노출된다(Daniel, 1983; Borsberry와 Dobson, 1989; Moosavi 등, 2014). 저칼슘혈증의 경우 초유 생산에 다량의 칼슘이 동원되지만 소장 상피세포의 칼슘 흡수 또는 체내 저장된 칼슘 동원 등 칼슘대사가 비유기에 적합하지 않을 때 다발하며, 파행, 후지 강직, 사지 개장 또는 혼수와 같은 임상 증상을 동반할 경우를 유열로 진단한다(Erb와 Grohn, 1988; Reinhardt 등, 2011). 장기간의 황화로 인한 허혈성 괴사시 기립불능증을 유발해 도태가 필요하며, 증상에 따라 5% 미만의 폐사율을 보인다(Goff, 2008). 유열 예방에는 건유기 칼슘섭취량 조절 또는 비타민 D 주사가 좋은 효과를 보이지만, 분만 후 다량의 칼슘손실이 발생하는 초유 생산 특성상 완전한 예방은 어렵다(Roche, 2003; Tsioulpas 등, 2007). 유열은 혈중 칼슘을 농도를 높이는 치료법에 반응성이 좋기 때문에 발생초기에 치료가 이뤄지면 대부분 회복하지만, 처음 발생한 유열에 대한 성공적인 치료 후에도 일정 기간 후 다시 발생하는 경우가 있다(Thilising-Hansen 등, 2002; DeGaris와 Lean, 2008). 이와 같은 재발성 유열은 유병 기간 연장으로 인한 발생가축의 체력손실, 농장의 추가 노동력 소요 및 생산성 저하 등 전체 생산력을 떨어뜨리기 때문에 원인을 찾아서 예방할 필요가 있다(Wilson, 2001; Saborio-Montero 등, 2017). 이를 위한 시작점으로 본 연구에서는 이행기(transit period) 젖소의 생리에 변화를 일으키는 사육농장, 계절, 산차 및 난산이 유열의 발생에 미치는 영향을 알아 보았다.

시설에 사육중인 동물에 있어서, 인위적으로 조성된 사육환경은 신체 전반에 영향을 주며, 개별농가에 따른 사양 또는 관리방법의 차이는 젖소의 생리적 특성에 영향을 미쳐서 신체 발달속도, 번식 능력 및 질병 발생 등 다양한 부분에서 차이를 만든다(Moosavi 등, 2014). 유열 발생률 역시 농가별로 다양한 수준으로 나타나고 있다(Goff, 2008; Chiwome 등, 2017). 따라서 원발성 유열과 재발성 유열의 농장별 발생 양상은 전체적인 유열의 특성을 알아내거나 고위험 농장에서 개선사항을 찾을 때 도움이 된다. 이전 보고와 유사하게 본 연구에서 농가별 유열 발생률은 다양하였으며, 상관성 분석 결과 원발성 유열이 다발하는 농장은 재발성 유열이 다발하였다(Oetzel, 1991; Houe 등, 2001; DeGaris와 Lean, 2008). 또한 원발성 유열 대비 재발성 유열의 비율에(R/I)

차이가 없는 것으로 밝혀짐에 따라 재발성 유열이 높게 발생하는 농장에서 유열을 예방하기 위해서는 우선 원발성 유열의 원인을 찾아서 발생률을 낮출 필요가 있다.

계절 변화에 따른 온도, 습도 및 일조량의 차이는 다양한 사육 환경을 조성하여 체내 대사에 영향을 미치며, 계절에 따라 섭취하는 건초의 종류와 양 및 비타민D의 활용도의 차이로 인해 칼슘대사가 변화하기 때문에 유열 발생의 양상은 계절별로 다른 편이다(Roche와 Berry, 2006). 본 연구에서는 지리적 특성에 따른 변수를 제거하기 위해 인접한 농장에서 자료를 얻었으며, 그 결과 여름에 원발성 유열 뿐만 아니라 재발성 유열도 높게 발생하며, R/I가 높은 것을 알 수 있었다. 이는 연구에 사용된 홀스타인의 경우, 높은 내한성에 비해 내서성이 취약하기 때문으로 보인다(Moosavi 등, 2014; Sundrum, 2015; Chiwome 등, 2017). 따라서 여름에는 계절 스트레스 감소를 통한 유열 예방 노력과 함께 재발성 유열에 신속하게 대응하기 위해서 원발성 유열이 발생한 개체에 대한 지속적인 모니터링이 요구된다.

경제적 목적을 위해 사육되는 젖소는 임신, 분만, 비유 및 건유를 반복하며, 이 과정은 해부생리학적 변화를 유발하여 산차별로 산유량과 질병에 대한 감수성 차이를 만든다(Oltenacu와 Broom, 2010). 산유량의 경우 산차가 증가할수록 증가를 기대할 수 있지만 유열은 산차당 평균 9%씩 증가하기 때문에 생산력이 우수한 시기에 유열 문제가 더욱 강조 된다(Mulligan 등, 2006; Chiwome 등, 2017). 본 연구도 이전결과와 유사하게 원발성 유열과 재발성 유열 모두 산차의 증가와 더불어 발생이 증가하였다(Saborio-Montero 등, 2017). 그러나 원발성 유열의 발생이 3산 이후부터 유지되는 반면, 재발성 유열은 3산 이후에도 지속해서 증가하는 양상을 나타내었다. R/I 경우 3산까지 유지된 후 4산부터 증가하는 등 원발성 유열, 재발성 유열 및 R/I는 산차별로 다른 양상을 보였다. 경제성이 높은 3산 이상의 경우 재발성 유열로 인한 착유기간 감소과 조기 도태는 농장경영을 어렵게하는 원인이 되며, 축산선진국으로 진입하면서 젖소의 장수성은(longevity) 생산력과 더불어 동물복지에도 주요한 사안이기 때문에 고산차 개체의 유열 발생특성에 대한 면밀한 분석과 대응이 필요한 것으로 보인다(Oltenacu와 Broom, 2010).

난산이 발생한 모체는 근육 피로도 증가, 사료섭취량 저하, 호르몬 조절능력 상실 및 체액 성상변화로 인해 비유기에 적합한 항상성을 유지하기 어려우며, 고창증, 4위전위, 케토시스와 같은 질병에 취약하다(Daniel, 1983; Moosavi 등, 2014; Chiwome 등, 2017). 특히 유열은 혈중칼슘농도에 직접적인 영향을 받는 질병이기 때문에 젖소의 생리 상태와 체액 성상의 변화를 유발하는 난산과의 연관성을 밝힐 필요가 있다(Borsberry와 Dobson, 1989; Puppel과 Kuczyńska, 2016). 그러나 예상과 다르게, 본 연구에서는 원발성 유열 뿐만 아니라 재발성 유열 모두 난산에 따른 차이를 보이지 않았다. 이는 본 연구에서 사람의 도움이 필요한 분만을 난산으로 판정하였으며, 이러한 난산 처치과정에서 동반된 집중적인 수액 치료, 신속한 대응 및 분리 사육이 모체의 산후 회

복을 촉진함에 따라 원발성 유열과 재발성 유열 모두가 정상분만과 유사한 수준을 나타내는 것으로 판단된다.

본 연구는 재발성 유열의 상세한 양상을 밝혀내어 예방효율을 높이고자 수행되었으며, 유열 발생을 원발성과 재발성으로 구분한 뒤 사육농장, 계절, 산차 및 난산에 따라 분석하였다. 이를 통해 재발성 유열을 감소시키기 위해서는 우선 원발성 유열의 발생률을 낮출 필요가 있고, 여름과 3산이상 적용되는 개체의 경우 높은 재발성 유열을 예상하고 집중적인 치료를 대비할 필요함을 알 수 있었다. 유열은 분만기 전후의 예방 노력에도 불구하고 초유 생산 특성으로 인해 완전한 예방은 어렵기 때문에 성공적인 유열치료는 조기에 발견하고 치료하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서 밝혀낸 유열의 발생 특성은 재발성 유열의 예방효율 증대와 발생 상황별 대응도 향상에 유용할 것으로 생각되며, 근본적인 예방과 치료를 위해서는 추가연구를 통해 유열의 종류별로 발생기전을 밝힐 필요가 있다.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by Bio-industry Technology Development Program (IPET312060-5), Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of Korea.

REFERENCES

- Borsberry S and Dobson H. 1989. Periparturient diseases and their effect on reproductive performance in five dairy herds. *Vet. Rec.* 124:217-219.
- Chiwome B, Kandiwa E, Mushonga B, Sajeni S and Habarugira G. 2017. A study of the incidence of milk fever in Jersey and Holstein cows at a dairy farm in Beatrice, Zimbabwe. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 88:e1-e6.
- Daniel RC. 1983. Motility of the rumen and abomasum during hypocalcaemia. *Can. J. Comp. Med.* 47:276-280.
- DeGaris PJ and Lean IJ. 2008. Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles. *Vet. J.* 176:58-69
- Erb HN and Grohn YT. 1988. Epidemiology of metabolic disorders in the periparturient dairy cow. *J. Dairy Sci.* 71:2557-2571.
- Goff JP. 2008. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet. J.* 176:50-57.
- Houe H, Østergaard S, Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ, Larsen T, Sørensen JT, Agger JF and Blom JY. 2001. Milk fever and subclinical hypocalcaemia-an evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. *Acta Vet. Scand.* 42:1-29.
- Lean IJ, DeGaris PJ, McNeil DM and Block E. 2006. Hypocalcaemia in dairy cows: meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *J. Dairy Sci.* 89:669-684
- McDougall S. 2001. Effects of periparturient diseases and conditions on the reproductive performance of New Zealand dairy cows. *N. Z. Vet. J.* 49:60-67.
- Moosavi M, Mirzaei A, Ghavami M and Tamadon A. 2014. Relationship between season, lactation number and incidence of clinical mastitis in different stages of lactation in a Holstein dairy farm. *Vet. Res. Forum* 5:13-19.
- Mulligan F, O'Grady L, Rice D and Doherty M. 2006. Production diseases of the transition cow: Milk fever and subclinical hypocalcaemia. *Ir. Vet. J.* 59:697-702.
- Oetzel GR. 1991. Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74:3900-3912.
- Oltenuacu P and Broom D. 2010. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Anim. Welf.* 19:39-49.
- Puppel K and Kuczyńska B. 2016. Metabolic profiles of cow's blood; a review. *J. Sci. Food Agric.* 96:4321-4328.
- Reinhardt TA, Lippolis JD, McCluskey BJ, Goff JP and Horst RL. 2011. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Vet. J.* 188:122-4.
- Roche JR. 2003. The incidence and control of hypocalcaemia in pasture-based systems. *Acta Vet. Scand. Suppl.* 97:141-144.
- Roche JR and Berry DP. Periparturient climatic, animal, and management factors influencing the incidence of milk Fever in grazing systems. *J. Dairy Sci.* 89:2775-2783.
- Saborío-Montero A, Vargas-Leitón B, Romero-Zúñiga JJ and Sánchez JM. 2017. Risk factors associated with milk fever occurrence in grazing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 100:9715-9722.
- Sundrum A. 2015. Metabolic disorders in the transition period indicate that the dairy cows' ability to adapt is overstressed. *Animals (Basel)* 5:978-1020.
- Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ and Østergaard S. 2002. Milk fever control principles: a review. *Acta Vet. Scand.* 43:1-19.
- Tsioulpas A, Grandison AS and Lewis MJ. 2007. Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. *J. Dairy Sci.* 90:5012-5017.
- Wilson GF. 2001. A novel nutritional strategy to prevent milk fever and stimulate milk production in dairy cows. *N. Z. Vet. J.* 49:78-80.