

고산유우에서 번식효율이 저하되는 원인과 대처방법

- 분만 후 초기에 영향을 미치는 요인들 -



남 향 미
농림수산검역검사본부
세균질병과 수의연구사
namhm@korea.kr

들어가는 말

낙농산업에 있어서 전 세계적으로 유전학 및 사양관리의 급속한 발전으로 인해 보다 더 적은 수의 젖소로도 급증하고 있는 낙농제품에 대한 수요를 충족할 수 있는 시대가 열렸다. 21 세기의 요구에 부응하기 위해 낙농규모는 더 커졌고 젖소들은 보다 많은 량의 우유를 생산한다. 개체우의 우유 생산량은 그 소의 임신 능력에 달려있는데, 비유 사이클이 임신에 의해 시작되고 재개되기 때문이다. 지난 반세기 동안 낙농산업의 현대화와 규모화는 한편으로 새로운 문제들을 창출했는데, 미래의 낙농산업의 효율성에 명백히 영향을 끼칠 한 가지 문제는 현대의 젖소에서 나타나고 있는 번식력과 번식효율의 저하이다.

일반적으로 산유량이 많은 고능력우는 더 많은 번식장애틀 나타내는 것으로 알려져 있다. 실제로, 지난 수 십년간 젖소의 유전적 개량을 통해 우유 생산량이 급격히 증가하는 동안 미국, 유럽, 뉴질랜드 등 여러 지역에서 젖소의 번식률 저하로 인한 심각한 경제적 손실이 보고된 바 있다. 이러한 국가들은 다양한 생산시스템에도 불구하고 모두 동일한 시기에 번식성적의 상당한 감소를 보고하였다. 국내에서도 연 평균 산유량이 10,000kg 이상인 고능력우의 수가 증가하고 있는 반면, 실제로 낙농현장에서는 젖소의 번식능력 저하를 많이 호소하고 있는 상황이다.

번식률 저하의 근본적인 원인은 유전적 요인과 생리학적 요인, 환경적 요인 및 번식효율에 부가적인 영향을 미치는 사양관리적 요인들이 복합되어 발생할 것이다. 이러한 다양한 요인들의 복잡한 상호작용으로 말미암아 번식률을 저하시키는 정확한 원인이 무엇인지를 확정하기가 어렵다. 그럼에도 불구하고 젖소의 생산 연령기에 번식 효율에 부정적인 영향을 끼치는 주된 원인들이 많은 연구자들에 의해 밝혀졌다. 본고에서는 그 중에서 우선 다음 회의 번식률에 영향을 미치

는, 분만 후 초기에 있을 수 있는 요인들에 대해 기술하고, 다음 호에서는 분만철에 번식력에 영향을 미치는 인자들에 대해 기술하고자 한다.

1. 젖소의 우유생산능력과 번식력과의 관련성

그동안 보고되었던 많은 데이터를 분석한 결과를 근거로 보면, 젖소의 산유량과 번식력은 명백히 대립관계에 있다. 그러나 2010년에 보고된 한 고찰 문헌을 보면, 불완전하거나 한쪽으로 치우친 데이터에 근거하여 산유량과 번식수준 간의 관련성에 대한 결론을 내렸던 연구들에 대해 비판적으로 평가할 필요가 있음을 기술하고 있다. 그러한 연구들은 흔히 번식성적에 중대한 영향을 미칠 수 있는 영양 결핍, 사양관리적 인 요소들 및 환경적 요소들과 같은 번식률 저하를 야기할 수 있는 다른 원인들에 대해서는 평가 하지 않았다. 따라서, 고능력우에서의 낮은 번식률의 원인이 직접적인 유전적 영향이라기보다는 많은 량의 우유를 생산하는데 필요한 적절한 사양관리가 되지 않았기 때문일 수 있다.

실제로 최근의 연구결과들은 산유량이 높은 우군(비유기당 우군의 평균 산유량이 1만 kg 이상인 우군)에서 산유량이 낮은 우군보다 더 높은 번식성적을 보고하고 있다. 각기 다른 수준의 생산성을 나타내고 있는 우군들에 대한 번식관련 기록을 종합 분석한 결과 역시 우유생산량이 번식효율에 미치는 영향은 무시할만한 수준인 것으로 나타났다. 고능력우군에서 번식률이 향상되었다는 것은 아마도 그 우군에 사료급여가 좀 더 적절하게 되었고, 소들이 좀 더 건강했으며 번식 관리도 좀 더 잘 되었다는 사실을 반영하는 것일 것이다. 산유량도 높고 번식성적도 좋은 보다 더 튼튼한 젖소를 생산하기 위해서는 산유량 및 임신과 관련한 젖소의 여러 가지 생리학적 근거나 병리학적 관련성 등을 좀 더 잘 이해할 필요

가 있다. 그럼으로써 더 많은 산유량이 젖소의 번식에 미치는 부정적인 영향에 대응하기 위한 사료급여나 사양관리 전략을 수립할 수 있을 것이다.

2. 분만 후 초기에 그 이후의 번식력에 영향을 미치는 요소들

2-1. 신체충실도 저하 및 에너지 소실

젖소의 산유량은 일반적으로 분만 후 4주에서 8주 사이에 최고치에 달하는데, 산유량이 많은 젖소들은 매일 극적으로 유량을 증가시키기 위해 에너지 요구량도 크게 증가한다. 이러한 에너지 요구량의 일부만이 사료섭취율을 증가시킴으로써 충족되며 나머지는 체내에 보유하고 있는 것을 대사함으로써 충족되는데, 이는 결과적으로 젖소가 에너지소실(negative energy balance, NEB)상태로 되게 한다. 심한 에너지소실은 결과적으로 대사성 질병에 걸릴 위험성을 증가시키며 그 외에도 면역기능 저하와 그 다음 회의 번식력 저하를 초래한다. 이러한 상태는 일반적으로 젖소가 분만한 후 비유를 시작한지 1개월 이내에 발생한다.

신체충실도(body condition score, BCS)란 눈으로 보고만 저보는 방법으로 동물의 몸 상태를 측정하여 점수를 매기는 국제적으로 인정된 방법이다(그림 1 참조). 신체충실도는 표현형적으로든 유전적으로든 번식 성적과 상관이 있으며, 이는 영양상태가 번식 기능에 영향을 미친다는 의미이다. 따라서 번식주기 중에 신체충실도에 변화가 있는지 관찰함으로써 고산유우의 영양상태와 건강상태를 알 수 있다. 분만시 신체충실도가 낮은 소나 분만 후 초기에 신체충실도가 심하게 저하된 소들은 배란 가능성이 더 낮고, 인공수정을 허용하는 비율이나 첫 회 수정으로 수태하는 비율 및 6주 후 임신했을 확률이 낮아지며, 임신 소실 및 분만에서 임신까지의 간격이 증가될 가능성도 높아진다. 그 이유 중의 하나는 낮은 신체충실도가 난모세포 기능의 손상과 관련이 있기 때문이다.

분만시 과도한 영양상태에 있던 소들도 분만 직전에 건물(dry matter)의 섭취량이 줄어들고, 분만 후에 건물섭취량을 증가시키는데 시간이 더 오래 걸리며, 체지방의 이동이 더 커지는 경향이 있게 됨으로써 분만시 신체충실도가 적절한 소들에 비해 분만 후 초기에 더 심한 에너지소실을 겪게 되고 번식력이 저하된다.

고온 스트레스도 에너지소실의 영향을 더 악화시킬 수 있다. 고온 스트레스에 시달리는 기간 중에 젖을 생산하는 젖소들은 그렇지 않은 소들에 비해 식욕이 감퇴되고 분만 후 초기

에 신체충실도도 더 크게 소실된다. 또한, 고온 스트레스를 받는 소들은 글루코스, IGF-I, 콜레스테롤의 농도가 더 낮고 혈액과 난포액 중의 비에스테르형 지방산(nonesterified fatty acids, NEFA)과 요소(urea) 농도는 더 높은데, 이러한 변화들은 우세난포(dominant follicle)의 직경이 감소됨과 아울러 고온 스트레스를 받는 소에서 더욱 심해지는 에너지소실과 결부되어 아열대 및 열대 기온에서 좋은 번식성과를 달성하기가 더욱 어렵게 만든다.

결론적으로, 분만 전과 후에 신체충실도를 모니터링하는 것이 중요하며 분만 후부터 몇 주 동안 신체충실도의 소실을 최소화해야 한다. 분만 시 소의 신체충실도가 2.75-3.0(0-5단계 중) 정도가 되고 분만에서 첫번째 수정까지의 기간에 신체충실도가 0.5 이상 소실되지 않도록 사양관리를 할 것이 권장된다.



그림 1. 젖소의 신체충실지수. 지수가 2.0 이하는 심각한 상태

2-2. 대사성 질환들

분만하기 2주 전부터 분만 후 약 4주 까지의 기간에 젖소는 분만, 비유개시, 우유생산에 필요한 에너지와 단백질 요구량의 증가로 인한 스트레스를 겪음과 동시에 사료섭취량도 저하되는데 이로 인해서 일반적으로 신체를 유지하고 우유 생산을 위해 필요한 양을 충족시키지 못하게 된다. 그로 인해 젖소는 내분비, 대사상태 및 생리학적 상태에 현저한 변화를 일으키는 것이 특징인 에너지 소실기에 들어가게 된다. 이 시기는 또한 젖소에서의 산화 스트레스 증가와 관련이 있기 때문에 위에서 언급한 스트레스 요인들과 결부되어 소의 면역반응 및 염증반응이 저하될 수 있다. 면역능이 저하된 소는 산독증, 지방간증, 태반정체와 제4위전위 등을 포함하는 대사성 질환을 일으킬 위험이 있다. 젖소가 필요로 하는 다량광물질의 양에 비해 사료에서 섭취할 수 있는 양이 충분하지 못해서 발생하는 저칼슘혈증(유열), 저마그네슘혈증 및 케톤증과 같은 대사성 질환들은 비유초기에 나타나는 면역능 저하 수준을 더욱 악화시킬 수 있다. 분만전후기에 대사성 질환을

겪은 소에서는 유방염, 절뚝거림(파행) 및 자궁내막염이 발생할 가능성이 더 높아지는데, 이러한 질병들은 모두 번식효율을 감소시키는 원인이 된다. 게다가 이러한 생산성 질병들은 낙농산업에 심각한 경제적 손실을 초래하며 동물의 복지에도 영향을 미친다.

비유 개시는 성장호르몬이 증가됨으로서 우유생산을 지원하는 영양소 분배가 일어나는 것과 관련이 있다. 에너지소실로 인해 인슐린 농도가 낮아지면 간에서 성장호르몬 수용기와 성장호르몬의 성장촉진작용을 매개하는 물질인 IGF(insulin-like growth factor)-I의 분비를 증가시키지 못하게 된다. 이것은 번식에 부정적인 영향을 미치는데, 왜냐하면 인슐린과 IGF-I이 난소의 세포상의 성선자극호르몬과 협력할 수 없어서 우세 난포의 배란을 방해하고 발정주기 재개를 지연시키기 때문이다. 역으로, 분만 후 처음 2주 동안에 혈장내 IGF-I 농도가 더 높은 소들은 분만에서 황체 활동 개시까지의 기간이 더 짧아질 가능성이 많다. 사료급여의 반응으로서, 더 많은 양의 인슐린 방출을 촉진하는 탄수화물 함량이 높은 사료를 급여한 소에서는 분만 후 50일 이내에 배란하는 소의 백분율이 55%에서 90%로 증가한다. 인슐린 촉진 사료가 분만 후 발정주기 개시를 서두르게 할 가능성이 있는 반면에, 소에게 계속 그러한 사료를 공급하면 태아의 생존률에 악영향을 미칠 수 있다는 증거도 많지는 않지만 있다. 그러나, 이것은 분만 후 초기에는 난포 발육을 증대시키고 난소 주기를 재개시키기 위해 탄수화물함량이 높은 사료를 급여하고, 번식철 중에는 난모세포의 질과 태아 발육에 좋은 영향을 미치는 지방산 섭취를 증가시키기 위해 지방 함량이 높은 사료를 제공하는 식의 순차적인 급여 시스템을 적용함으로써 극복될 수 있다는 것이 연구자들의 의견이다. 비유가 진행됨에 따라 영양소 섭취가 더 많아지고 에너지 균형이 개선됨으로써, 결과적으로 인슐린 농도와 간에서의 성장호르몬 수용기 발현이 증가되고 마지막으로 간에서의 IGF-I 생산이 증가하게 된다.

결론적으로, 건유기와 분만 후 초기에는 젖소가 영양소를 섭취할 수 있는 전략을 수행하는 것이 에너지소실의 영향을 최소화하고 신체충실도의 소실을 줄임으로써 대사성 질환의 발생을 피하고, 그럼으로써 임신할 수 있는 건강한 소가 되게 하는 주된 방법이다.

2-3. 자궁질병, 유방염 및 절뚝거림

젖소의 80~100%가 분만 후 처음 2주에 자궁 내강에 세균을 보유하고 있어서 분만이나 그 이후 며칠간의 자

궁오염은 피할 수 없는 것이며 정상적인 것이다. 감염된 소에서 가장 흔한 자궁의 병원성 세균은 *Escherichia coli*, *Arcanobacterium pyogenes*, *Fusobacterium necrophorum*, *Prevotella melaninogenica* 및 *Proteus* 종이며 이러한 세균들은 자궁 내 염증이나 화농성 질 점액이 증가하는 것과 관련된다. 대부분의 소가 이러한 자궁의 세균오염을 성공적으로 처리하지만 최소한 20% 정도는 이러한 세균을 처리하지 못하여 분만 후 21일 이내에 자궁내막염을 일으킨다. 대략적으로 우군의 15~20%는 3주 이상 병원성 세균이 존속하면 임상적 자궁내막염을 일으킨다. 쌍태, 사산, 난산 또는 태막정체가 있는 소에서는 감염위험이 증가한다. 임상형 자궁내막염이 성공적으로 치료되었던 소들도 감염되지 않은 소들에 비해 대략 20% 정도 더 낮은 수태율을 보였으며, 추가로 3% 정도의 소들은 불임상태로 남거나 도태된다.

비유우는 면역능이 저하되는 경향이 있으며 그 결과 질병에 대한 감수성이 더 높아지는데, 특히 유방염을 일으키는 침입성 병원체들에 대한 감수성이 높아진다. 분만 후 처음 30일 이내에 유방염 발생률은 23% 정도로 보고된다. 유방염과 산유량 간에는 유전적으로 상관성이 있는 것으로 보고되었으며, 따라서 산유량이 많은 소는 유방염 발생 위험이 높아진다. 유방염, 특히 그람음성균에 의해 발생하는 유방염의 번식기능에 대한 영향은 최근에야 밝혀졌다. 2009년에 보고된 바에 따르면, 분만 후 처음 28일 이내에 임상형 유방염에 걸린 소들은(우유의 육안적인 이상 소견 관찰로 진단함) 발정행동이 우군 내의 다른 건강한 소들(84일)에 비해 더 긴 91일째에야 개시되었다. 임상형 유방염에 감염된 소들은 동일 우군 내의 건강한 소들에 비해 수태하기 위해 더 많은 수정을 필요로 했고(감염우 2.1회: 건강우 1.6회) 공태기간도 건강한 소가 80일이었던데 비해 140일로 더 길게 나타났다. 또한, 임상형 유방염이 첫 회 인공수정을 하기 전에 발생한 소에서는 첫 인공수정까지의 기간이 93.6일로서, 임상형 유방염이 최초 인공수정일과 임신 사이에 발생했거나 최초 인공수정 후 50~60일에 발생한 소들의 71일 보다 더 길었다. 그리고 인공수정과 임신 50일 이내의 기간 중에 임상형 유방염에 감염된 소들은 유방염에 감염되지 않은 소들에 비해 수태율이 더 낮았고 임신말기에 태아소실을 겪을 가능성도 2.8배나 더 높았다. 임신 50일 후에 임상형 유방염이 발생한 소들은 부가적으로 태아소실이 증가되었다. 이러한 결과들은 분만 후 초기에 발생한 임상형 유방염이 번식의 성공여부에 지대한 영향을 미친다는 사실을 나타낸다.

절뚝거림은 수태 당 인공수정 횟수의 증가와 관련이 있으며, 첫 회 수정으로 인한 수태율이 저하된다. 분만 후 30일 이내에 절뚝거리는 소들은 교배 전에 난소 낭종을 일으킬 가능성이 2.63배 더 높고, 비유 개시 150일 이내에 절뚝거린 적이 없는 소들에 비해 임신될 가능성이 절반 밖에 안된다. 문헌에 따르면 절뚝거림이 번식력에 이렇게 부정적인 영향을 미치는 이유는 첫째, 제1위 산독중에 걸린 소에서 1위의 pH가 저하되는 시기에 방출되는 히스타민과 내독소가 진피의 미소혈관계를 파괴함으로써 간접적으로 관절염을 일으킨다. 이러한 물질들은 또한 신경 내분비와 난소 수준에 까지 영향을 미칠 수 있어서 황체형성호르몬 고조(surge) 시스템을 교란시킬 수 있다. 둘째, 스트레스로 유도된 호르몬이 성선자극 호르몬방출호르몬(GnRH)과 황체형성호르몬 고조 시스템을 변화시킬 수 있다. 마지막으로, 절뚝거리는 소에서는 에너지 소실 정도가 더 커서 결과적으로 앞에서 언급한 바 있는 기전을 통해 번식을 저하를 초래한다.

결론적으로, 산유량이 많은 소는 산유량이 적은 소에 비해 면역능이 저하될 가능성이 높기 때문에 그로 인해 절뚝거림, 유방염, 자궁내막염이 더 많이 발생하게 된다. 따라서, 번식력과 우군 전체의 건강을 개선하기 위해서는 이행기 중에 건물섭취량을 증가시키고 에너지소실을 최소화하며, 분만 후 초기에 신체충실도 감소를 최소화하고 자궁감염을 치료하는데 역점을 두어야 한다.

2-4. 발정주기 재개

분만한 젖소에서는 분만 후 초기에 자궁퇴축이 일어나고 난소난포의 발육이 재개되고 건강한 우세난포가 배란 하며, 인슐린, IGF-1 및 글루코스의 항상적인 농도와 결부되어 약 21일의 정기적인 간격으로 정상적인 발정주기가 계속되어야 정상적인 젖소라고 규정할 수 있다. 그러나 계절적인 목초에 바탕을 둔 생산시스템에서는 무배란 무발정 발생률이 교배철이 시작되기 전에 13~48% 정도로 나타날 수 있으며, 방목하지 않는 연중 낙농생산시스템에서는 무발정 발생률이 분만 후 60일 이후에 11~38% 정도 발생할 수 있다. 이와 같은 폭 넓은 차이는 사료의 질, 성분, 유용성에 있어서의 차이뿐 아니라 무발정의 정의에 있어서의 차이에 기인할 수도 있다. 현대의 젖소는 많게는 50%의 젖소들이 분만 후 비정상적인 발정 주기를 가지고 있어서 결과적으로 분만부터 첫 회 수정까지의 간격이 증가되며 수태율이 감소한다.

최초 배란이 늦어지는 위험요인들이 여러 가지 확인되었

다. 초산우(31.8 ± 8.3일)는 경산우(17.3 ± 6.3일) 보다 최초 배란이 되기까지 더 많은 시간이 소요된다. 또한, 초산우는 성장과 비유를 위해 엄청나게 많은 에너지를 필요로 하며 경산우보다 더 큰 에너지소실 상태에 있을 수 있다. 발정 주기 재개가 늦어지는 다른 위험요인들로는 분만전후기의 질환, 분만 시의 계절, 사양관리, 유방염, 절뚝거림, 신체충실도의 심한 감소 등이 있다. 유방염에 감염된 소와 다리를 저는 소에서는 분만에서 수태까지의 간격에 각각 7일과 17일 더 추가하여 발정주기 재개가 지연될 수 있다. 동일 우군 내의 건강한 소들에 비해 임상적 자궁내막염에 감염된 소들은 난소 주기 재개가 늦어질 가능성이 4.5배 더 높을 수 있고, 분만 후 황체가 지연될 가능성은 4.4배 더 높을 수 있다. 자궁감염에 대한 반응으로서 자궁내막상피세포가 분비를 변화시켜 프로스타글란딘의 기능을 황체용해(prostaglandin F2α)에서 황체자극(prostaglandin E2)작용으로 변경시키는데, 이것이 감염우에서 발정주기재개가 늦어지는 기전이다.

배란 전 난포의 성장, 성호르몬인 oestradiol의 분비, 우세난포의 배란을 위해서는 분만 후 초기에 황체형성호르몬이 맥동성으로 분비되어야 한다. 그러나 이 시기에 신체충실도가 낮고 에너지소실이 심하면 맥동성 황체형성호르몬 분비가 억제되고, 황체형성호르몬 자극에 대한 난소의 반응이 감소되며, oestradiol 분비 감소가 특징적인 난포기능의 저하로 인해 결과적으로 배란이 지연된다. 고온스트레스를 받은 소들도 황체형성호르몬 파동의 폭과 빈도가 낮고 oestradiol 농도도 낮으며 우세난포의 크기가 더 작아질 수 있는데 이로 인해 분만에서 최초 배란까지의 간격이 연장될 수 있다.

결론적으로, 배란이 조기에 재개되도록 자극하는 사양관리를 함으로서 수정 이전에 여러 차례 발정주기를 유도하면 결과적으로 그렇지 못한 사양관리로 인해 분만 후 무발정 기간이 길어지는 소들에 비해 더 많은 소들이 임신할 수 있게 될 것이다. ♡

참고 문헌

1. Walsh SW, Williams EJ, Evans ACA review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. Anim Reprod Sci. 2011 123(3-4):127-138. Review.
2. Dobson H, Smith R, Royal M, Knight Ch, Sheldon I. The high-producing dairy cow and its reproductive performance. Reprod Domest Anim. 2007 Sep;42 Suppl 2:17-23. Review.

※ 본 원고는 위의 참고문헌 중 주로 Walsh 등(2011)의 리뷰 내용을 발췌하여 번역한 것입니다.