

소의 발육과 광물질



김 병 기
(주)대한신약 상무, 수의학박사

1. 광물질의 중요성

광물질은 소의 체내에서 다양한 역할을 담당한다.

◆칼슘과 인: 뼈 및 치아의 구성성분이 되며 또 칼슘은 정보전달 및 효소의 활성화에도 필요함.

한편 인은 인지질의 구성요소가 되며 세포 내에서 에너지를 전이시키는 경우에도 필수 불가결한 요소임.

◆나트륨, 칼륨 및 염소: 다른 양이온 및 음이온과 함께 체액의 삼투압 및 산-염기 평형조절의 주역을 담당하고 있음.

◆유황: 메치오닌, 시스틴, 시스테인 등의 구성성분이 되며, 이 아미노산들은 체단백질을 구성하고 있음.

◆철, 구리, 아연, 망간, 코발트, 셀레늄 등: 몇 가지 효소의 성분 및 효소를 활성화하는 보조소성분으로서 작용을 함.

따라서 어떤 광물질이 결핍되어도 단백질, 지방, 뼈 등의 체구성 성분의 합성이 직접저해 되거나 식욕감퇴 및 설사를 수반하는 소화불량에 의해 소의 발육은 간접적으로 저해된다.

이와 반대로 이러한 광물질의 과잉섭취도 여러 가지 장애를 유발하여 소의 발육에 악영향을 주며 특히

<표-1> 주요 광물질과 체구성 성분 및 기능과의 관계

광물질	체구성 성분	기능
칼슘 (Ca)	뼈, 치아 신경전달,	신경전달, 세포내 정보전달, 혈액응고, 효소의 활성화, 안정화
인 (P)	뼈, 치아, 인지질	세포내 에너지 전환
마그네슘 (Mg)	뼈, 치아, 근육, 세포내액, 지아민피로포스페이트 등의 효소	신경에서 근육으로의 정보전달, 효소의 활성화
나트륨 (Na)	혈액, 기타체액(주로 세포외액)	삼투압 조절, 산-염기 평형조절, 신경전달, 아미노산 능동수송
칼륨 (K)	혈액, 기타체액(주로 세포내액)	삼투압 조절, 산-염기 평형조절, 신경전달
염소 (Cl)	혈액, 기타체액(주로 세포외액), 위액중의 염소성분	삼투압 조절, 산-염기 평형조절, 효소의 활성화
유황 (S)	단백질, 호르몬, 몇몇 비타민 성분	단백질, 지질, 탄수화물의 대사, 내분비 기능, 산-염기 평형조절

〈표-2〉 미량 광물질과 체기능과의 관계

광물질	체 구성 성분	기 능
철 (Fe)	마이오글로빈, 헤모글로빈, 사이토크롬, 카타라제, 피옥시다제	효소의 운반
구리 (Cu)	아민옥시다제, 사이토크롬옥시다제, 티로시나제, 셀룰로플라스민	결합조직의 대사, 헤모글로빈 형성, 철의 대사
아연 (Zn)	탈수소효소, 펩치다제, 포스파타제	탄수화물 대사, 단백질 대사
망간 (Mn)	글리코실트랜스페라제, 파이루벤카복실라제	번식, 뼈의 형성, 탄수화물 대사, 유코다당류 합성
몰리브덴 (Mo)	키산틴옥시다제, 알데하이드 옥시다제	유린의 산화, 철의 대사와 환원
요오드 (I)	갑상선 홀몬	에너지 대사, 성장, 번식
셀레늄 (Se)	글루타치온퍼옥시다제	막에서의 황산화 작용
코발트 (Co)	비타민 B ₁₂	프로피온산 대사

〈표-3〉 소의 뼈 피질층의 광물질 함량(탈지 건물당)

광 물 질	함량 (g/kg)	광 물 질	함량 (mg/kg)
칼슘(Ca)	267	불소(F)	700~800
인(P)	125	철(Fe)	350~400
나트륨(Na)	7.3	아연(Zn)	270~500
마그네슘(Mg)	4.4	망간(Mn)	9~15
칼륨(K)	0.56	구리(Cu)	9~12
염소(Cl)	0.80	코발트(Co)	0.33~0.5

독성이 강한 미량광물질을 다량 투여하면 발육지연이 심하며 폐사에 까지 이른다.

2. 뼈의 발육

(1) 뼈의 성분

소의 체광물질 함량은 생체의 2.8~3.5%이며, 이 중 80%는 뼈에 존재한다. 뼈의 광물질 함량은 지방을 제외한 건물(乾物)로서 58~61%나 된다. 그 나머지는 콜라겐 단백질 및 다당류로 되어있다.

칼슘과 인이 대부분을 차지하고 있으며 나트륨, 마그네슘, 미량광물질 등도 함유되어 있다. 뼈는 골격을 형성하여 몸을 지지하고 있으며, 그 뿐만 아니라 광물질의 저장부위도 되며 광물질대사에 중요한 역할을 담당하고 있다.



〈그림 1〉 소의 영양, 내분비, 뼈의 성장과의 관계

(2) 뼈의 성장

뼈의 성장은 육용우의 발육과 관련하여 본다면 뼈에 부착되어 있는 근육의 성장, 즉 근육 생산량과 직접 관련되어 있어 중요하다.

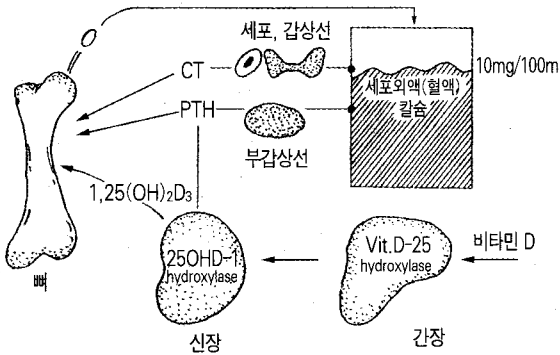
뼈의 성장은 장축으로 종적인 성장과 두께가 증대되는 횡적 성장 2가지로 구분된다. 종적인 성장은 골단부 연골세포의 증식과 연골조직의 석회화에 의해 진행된다. 연골세포의 증식과 분화에는 성장호르몬의 지령에 의하여 간장에서 생산된 소마토트로핀이 주로 관여되고 있다. 두께의 성장은 뼈 주위의 결합조직이 석회화 되어 직접 골수조직으로 변화하는 것에 의하여 진행된다.

뼈는 항상 형성과 파괴(흡수)를 행하며, 형성과 흡수를 반복하여 뼈를 재형성하는 것을 리모델링(재형성)이라고 한다. 뼈의 흡수는 파골세포 및 골세포에 의해 행해지며 뼈의 형성은 골아세포에 의해서 이루어진다.

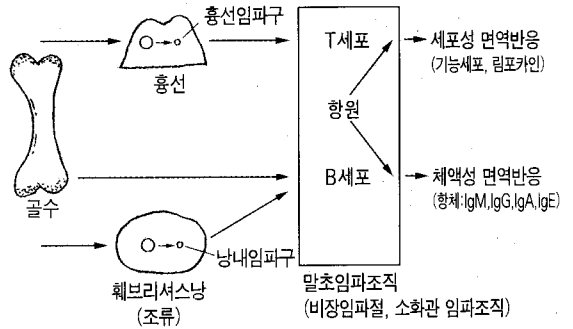
뼈의 성장은 유전요인에 의해 지배되거나 영양 및 내분비요인에 의해서도 많이 달라진다. 뼈의 성장에는 간장에서 생산되는 소마토메진 및 소마토메진 분비를 지배하고 있는 성장호르몬의 분비가 많아지면 소마토메진의 생산이 왕성해져 뼈의 성장을 촉진한다.

혈액중의 알기닌 및 글루타민산 등의 아미노산이 증가하면 성장호르몬의 분비는 촉진되고, 혈당이 상승하면 저하된다. 즉 일반적으로 단백질 함량이 높은 사료를 많이 급여하면 성장호르몬의 분비가 촉진되어 골격은 커진다.

한편 전분함량이 높은 사료를 급여하면 혈당이 상



〈그림 2〉 뼈의 칼슘대사 조절기구



〈그림 3〉 면역반응의 모식도

승하여 성장호르몬이 분비가 억제되기 때문에 골격 성장에는 억제적으로 작용하게 된다.

3. 뼈와 광물질의 대사

뼈의 칼슘과 인은 끊임없이 흡수 및 배출을 계속하며, 이 조절은 주로 부갑상선에서 분비되는 부갑상선호르몬(PTH), 갑상선에서 분비되는 칼시토닌(CT), 신장에서 최종적으로 활성화되는 1,25(OH)₂D₃가 관여되고 있다.

그 밖에도 갑상선호르몬, 성장호르몬, 안드로젠 및 에스트로젠 등 성호르몬이 관련되고 있다.

소가 사료에서 섭취하는 칼슘의 양이 감소함에 따라 혈액중의 칼슘농도가 10mg/100ml이하로 저하되면 부갑상선에서 부갑상선호르몬(PTH)이 방출된다. 이 호르몬은 직접 뼈에 작용하며 파골세포 및 골아세포에 의한 골흡수를 촉진하는 결과 뼈에서의 칼슘의 동원이 증가하여 혈액중의 칼슘농도가 증가한다.

또 부갑상선호르몬은 간장에서 만들어지는 25(OH)₂D₃를 신장에 의해 생물활성을 강하게 한 1,25(OH)₂D₃로 전환하여 작용한다.

1,25(OH)₂D₃는 부갑상선호르몬과 협동하여 뼈에 작용하여 그 결과 혈액중 칼슘농도가 10mg/100ml 이상 상승하면 갑상선에서 칼시토닌이 분비된다. 칼시토닌은 파골세포 및 골아세포에 의해 골흡수를 억제하여 뼈에서 칼슘의 동원을 중지한다. 이와 같이

칼시토닌은 혈액중의 칼슘농도를 저하시키는 작용을 한다.

혈액중의 칼슘농도가 장기간 계속 저하된 상태가 되면 뼈의 칼슘은 언제라도 방출된다. 이에 따라 뼈의 칼슘함량이 감소되어 송아지는 뼈의 성장이 억제됨과 동시에 구루병이 발생하게 된다. 성우에서는 골연증 또는 골다공증이 발생하며 골절 등이 일어나기 쉬워진다.

한편 혈액중의 칼슘농도가 높은 상태로 계속되면 뼈의 칼슘함량이 많아져 대리석증이라고 하는 뼈의 이상이 발생한다.

인(P)도 칼슘과는 엄밀하게는 다르다. 상기 호르몬에 의해 조절된다. 따라서 뼈의 정상발육을 유지하기 위해서는 사양표준에 나타난 바와 같이 적절한 칼슘과 인의 공급이 필수적이다.

4. 면역과 광물질

동물은 세균 및 바이러스 침입 또는 독소에 의해 외래 이물질에 대하여 자신을 보호하기 위하여 고도로 발달된 면역기구를 가지고 있다. 면역반응에는 골수 유래의 B세포에서 나온 면역글로부린이 관여하는 체액성 면역과 흉선 유래의 T세포에 의한 세포성 면역 2종류가 있다.

최근 미량광물질과 면역에 대한 연구가 사람과 실험동물에서 활발하게 행하여지고 있으나 소 등의 가축에 대해서는 아직도 많은 연구가 이루어져야 한다.

미량광물질은 면역기능과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 미량광물질이 부족하면 면역계에 억제적으로 작용한다.

또 중독수준의 미량광물질 투여도 면역계를 저해한다. 면역능력이 약한 송아지 때에는 미량광물질 부족 또는 과잉이 되면 면역능력은 더욱 더 저하되어 감염증에 걸리기 쉽게 하여 송아지의 발육지연 및 폐사를 일으킨다.

아연결핍 소 및 실험동물에서는 임파절, 비장 등의 말초임파계 조직의 중량감소, 흉선의 퇴축을 초래한다.

특히 동물이 어린 단계에서의 아연결핍은 흉선 및 비장에 악영향을 주어 T세포 및 B세포의 수를 크게 감소시킨다. 또 면역글로불린에 이상을 일으킨다는 보고도 있다.

성숙한 동물에서도 극도의 아연결핍이 되면 T세포계의 면역계가 파괴되어 바이러스, 세균, 곰팡이 등에 대해 방어력이 약화되어 감염증이 쉽게 발생한다.

◆철: 일반적으로 철분 결핍은 세포성 면역기능을 저하시킨다. 그러나 체액성 면역기능에는 거의 영향을 미치지 않는다.

혈청중 면역글로부린, 보체의 활성 등에도 전혀 변화가 없다. 철분결핍에 의한 T세포 기능의 감퇴는 DNA합성에 필요한 효소, 리보메크레오치실다크다제 감소와 관련되는 것으로 생각되고 있다. 현시점에서는 생화학적 관련 관계는 충분히 알려져 있지 않다.

◆구리: 구리결핍의 소는 어떤 종류 세균에 대한 저항성이 저하된다고 알려져 있다. 생쥐 및 쥐의 시험에서 구리결핍에 의해 임파세포의 기능저하 및 형태변화가 생겨 T세포의 기능이 감퇴된다.

구리수송효소인 셀루로프라스민이 면역계에 직접 작용한다는 것도 알려져 있다.

◆아연: 아연결핍이 면역기능에 주는 영향은 크며, 미량광물질중에서는 아연이 면역기능에 가장 큰 관계가 있는 것으로 되어 있다.

◆망간: 정상적인 항체를 만들어 분비하기 위해서는 망간의 섭취가 필요하다. 망간결핍 동물에서는 항체의 생산, 분비는 억제되며 이 동물에 망간을 투여하면 항체생산은 회복된다. 한편 망간의 과잉섭취도 항체생산에 악영향을 준다.

◆셀레늄: 셀레늄 결핍은 체액성 면역을 지연시키며 항체의 감소 등이 발생한다.

셀레늄과 비타민-E를 동시에 투여하면 항체생산은 증강되나 작용은 달라 셀레늄은 IgM, 비타민-E는 IgG의 생산을 높인다. 비타민-E와 셀레늄 결핍은 임파구의 미토겐에 대한 반응성도 감소된다.

이와 같이 미량광물질은 면역기능과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 미량광물질이 부족하면 면역계에 억제적으로 작용한다.

또 중독수준의 미량광물질 투여도 면역계를 저해한다. 면역능력이 약한 송아지 때에는 미량광물질 부족 또는 과잉이 되면 면역능력은 더욱 더 저하되어 감염증에 걸리기 쉽게 하여 송아지의 발육지연 및 폐사를 일으킨다. (㉞)

〈필자연락처 :02-3461-2471〉

낙농가는 우유사랑 소비자는 우유사랑!