

소의 소화기 구조와 생리

서울대학교 수의과대학
교수 이인세

소화기계는 사료를 섭취하여 소화시키고 소화된 영양분을 흡수하는 한편 소화되지 않은 찌꺼기를 배설하는 데에 관계하는 일련의 기관들을 말하며 구강, 인두, 소화관 및 부속기관으로 이루어진다. 소에 있어서 이러한 소화기계는 거친 사료를 섭취하고 소화하며 반추를 하기에 알맞도록 되어 있다. 이 중 가장 특징적인 구조는 위(胃)가 서로 다른 4개의 방으로 된 반추위로 되어 있다는 점이며 소화되는 방식도 비반추동물물과는 크게 다르다. 또한 소화기계 중 질병이 가장 많이 발생되는 부위이기도하다. 본란에서는 소의 소화기 중 반추위의 구조와 기능에 관해서만 기술코자 한다.

1. 반추위의 구조와 생리

반추위는 제1위, 제2위, 제3위, 제4위로 되어 있으며 이 중 제1위, 제2위, 제3위까지를 전위(前胃)라 부르고, 제4위는 비반추동물의 위에 해당하며 소화액을 분비하므로 선위(腺胃)라고도 한다. 반추위는 크게 팽대되어 복강의 좌측반 거의 전부와 우측반의 일부까지를 차지하는데 이는 전체 복강용적의 약 3/4에 해당한다. 반추위 전체의 용적은 나이, 크기, 품종에 따라 다르나 보통 크기의 큰 소에서 115~150ℓ에 달한다.

각 반추위의 크기는 나이에 따라 변화하는데 갓난 송아지에서 제1위와 제2위를 합친 용적은 제4위 용적의 약 절반 남짓 밖에 되지 않으며 그나마도 젖을 먹는 기간 동안은 위축되어 아무기능도 갖지 못한다. (그림 1-다 참조) 그러나 8주째에 제1·2위의 용적은 제4위의

용적과 비슷해지고 12주째에는 제4위의 두배에 달한다. 이 기간 동안 제3위는 아주 천천히 커지며 약 1년6개월이 되면 제4위와 거의 비슷한 크기에 달한다. 이 시기의 각 반추위의 상대적 크기는 제1위가 가장 커서 약 80%, 다음이 제4위로 약 8%, 제3위가 약 7%이며 제2위가 약 5%로 가장 작은 용적을 갖는데 이러한 용적비율은 이후로 크게 변하지 않는다.

1) 반추위의 외형과 위치

제1·2·3·4위의 상대적인 위치는 전체적으로 보아서 제1위가 왼쪽에 치우쳐 있으며 제2위는 앞쪽에, 제3위는 오른쪽에, 제4위는 아랫쪽에 위치한다. (그림 1 참조)

제1위는 몸을 좌·우로 똑같이 나누는 정중축을 중심으로 할 때 복강의 왼쪽 반의 대부분을 차지하고 일부는 오른쪽의 밑과 뒷부분까지 도달한다. 제1위의 왼쪽 벽은 복벽과 전면적으로 접촉한다. 제1위의 좌·우측벽에는 앞쪽에서 뒷쪽으로 달리는 홈이 파져 있는데 이를 좌·우종구라 하며 이것에 의하여 제1위는 윗쪽의 배낭(背囊)과 아랫쪽의 복낭(腹囊)으로 크게 나뉜다.

배낭과 복낭은 뒷쪽에서 좌·우종구에 직각으로 만나는 홈에 의하여 배맹낭(背盲囊)과 복맹낭(腹盲囊)을 형성한다. 앞쪽 아랫쪽에도 횡으로 달리는 홈(前溝)이 나 있다(그림 1-가, 나).

제2위는 동그란 모양이나 앞뒤로 약간 눌러 있는 모습을 보인다. 반추위 중 제일 앞쪽에 위치하며 앞쪽은 횡경막과 맞닿아 있고 횡경막 앞쪽에는 심장이 있다. (그림 1-가, 나, 그림 2)

제3위는 공모양 또는 약간 타원형이며 오른

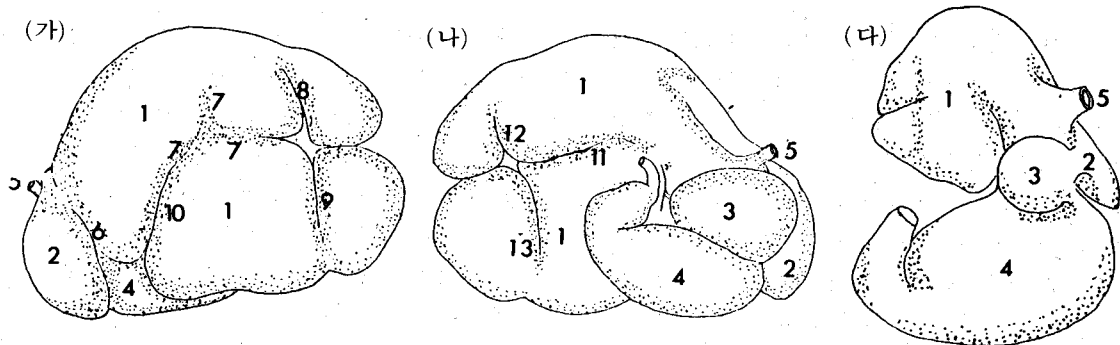


그림 1. 반추위의 외경 (가)좌측면 (나)우측면 (다)송아지의 위

1~4. 제 1 위~제 4 위 5. 식도 6. 제1.2 위구 7. 좌중구 8. 좌배관상구 9. 좌복관상구
10. 전구 11. 우중구 12. 우배관상구 13. 우복관상구

쪽에 치우쳐 있다. (그림 1-나)

제 4 위는 긴 배 모양이며 주로 복강바닥에 놓여 있다. (그림 1-나)

2) 반추위의 내경

반추위 중 제 1, 2, 3 위는 기계적인 작용과 각종 미생물에 의해서 섭취된 사료를 분해시키므로 위쪽 안쪽을 싸고 있는 내면의 점막은 여러 모양으로 특수하게 변형되어 있으며 소화액을 분비하는 소화선이 없다. 제 4 위는 비반추동물의 위에 해당하는 부분으로 소화액을 분비하는 소화선이 있다. (그림 2 참조)

제 1 위: 제 1 위벽의 외면에 흠이 파진 부분의 안쪽에는 반대로 근육층이 특별히 발달하여 안쪽으로 융기되어 있는데 이것을 근주(筋柱)라 하고 이것에 의하여 제 1 위의 안쪽은 그림 2에서 보는 바와 같이 여러 구획으로 구분된다. 위의 안쪽을 덮고 있는 조직을 점막이라고 하는데 제 1 위의 점막은 각화되어 거친 사료로부터 위점막을 보호해준다. 제 1 위의 내면은 흑갈색을 띠며 작은 혀와 같은 모양의 돌기가 돌아 나 있는데 이를 유두라 하며 제 1 위를 흑위라고 부르는 이유가 여기에 있다. 유두는 1cm 정도에 달하며 복낭과 배복맹낭 및 배낭의 앞쪽 아랫부분에는 많이 있으나 근주(筋柱)나 그 부근배낭의 뒷쪽 벽에는 없다. 송아지가 분만해서 젖을

빨 때까지는 유두의 크기에 큰 변화가 없다가 조 사료를 먹기 시작하여 제 1 위내에서 발효가 시작되면 빠른 속도로 자라게 된다. 제 1 위와 제 2 위 사이는 높이 약 18cm, 넓이 약 13cm 크기의

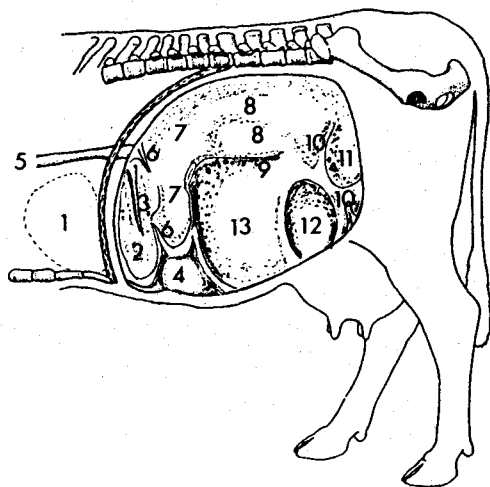


그림 2. 반추위의 내경(제 1, 2 위의 왼쪽 벽을 제거함)

- | | |
|----------------|---------------|
| 1. 심 장 | 2. 제 2 위 |
| 3. 제 2 위구(식도구) | 4. 제 4 위 |
| 5. 식 도 | 6. 제 1, 2 위추벽 |
| 7. 제 1 위 전낭 | 8. 배 낭 |
| 9. 우중주근주 | 10. 관상근주 |
| 11. 배맹낭 | 12. 복맹낭 |
| | 13. 복 낭 |

구멍(제1, 2 위구) 이 있어서 서로 연락되는데 이 구멍은 내면으로 돌출한 점막주름(제1, 2 추벽) 이 둘러 싸서 형성된 것이다. 이 점막주름중 왼쪽의 것은 뒷쪽의 분문 근처에서 소실된다. 분문은 식도가 위에 개구하는 부분으로 분문이 위에 개구하는 위치에 엄격히 말해서 제1 위도, 제2 위도 아닌 제1, 2 위구의 뒷쪽에 해당하는 부분으로 이 부위를 위전방(胃前房)이라 한다.

제2 위: 제2 위의 점막표면은 일정한 크기로 약 1cm 높이의 칸막이가 쳐있어서 사각형, 오각형 또는 육각형의 벌집과 같은 모양으로 보인다. 이것을 제2 위소실이라 하며 이때문에 제2 위를 벌집위(蜂集胃)라고 부른다. 제2 위소실은 다시 작은 칸막이에 의하여 더욱 작은 소구획으로 나누어지며 내면에는 작은 유두가 밀생해 있다. (그림 2) 삼킨 먹이는 대개 비중이 가벼운 것은 제1 위의 배맹낭으로, 무거운 것은 제2 위로 들어가는데 사료와 함께 섭취된 못이나 철사 등은 제2 위가 강력하게 수축할 때 제2 위벽과 횡경막을 뚫고 심장에 손상을 입혀서 창상성 심낭염을 일으킬 수 있다. 제2 위는 제2, 3 위구(第2, 3 胃口)에 의하여 제3 위와 연락된 제2 위의 우측벽 내면에는 분문으로부터 제2, 3 위구까지 달리는 길이 15~20cm의 두 줄의 융기된 점막추벽이 있고 그 사이는 도랑과 같이 움푹 들어가 있는데 이것을 제2 위구(第二胃溝)라 하며 전에는 식도구(食道溝)라 불렀다(그림 2-3) 송아지가 젖을 삼키면 제2 위구를 구성하는 두 줄의 점막추벽은 서로 접촉해서 하나의 관(管)을 형성한다. 이 때문에 삼킨 우유는 제1, 2 위를 거치지 않고 제2 위구를 통하여 제3 위를 거쳐 직접 제4 위로 들어가게 된다. 이러한 현상은 액체성분이 인두와 식도의 첫 부분을 통과할 때의 자극에 의하여 반사적으로 일어나게 되며 소가 성장하면 이런 현상이 없어진다.

제3 위: 제3 위의 내벽으로부터는 90~130개의 점막추벽이 일어나 내강쪽을 향해 돌출해 있는데 이를 제3 위엽(第三胃葉)이라 하며표면에

무수한 소유두가 밀생해 있다. 이 중 가장 큰추벽은 12~14개 정도인데 이보다 길이가 더작은 제2, 3 제 및 제4 추벽이 사이 사이에 끼어 있다. 따라서 제3 위를 겹주름위(重瓣胃)라고도 부른다. 각 위엽 사이의 좁은 간극으로 먹이는 통과하면서 기계적으로 잘게 부수진다. 제3 위는 제3, 4 위구에 의하여 제4 위와 연락된다.

제4 위: 제1, 2, 3 위와는 달리 내면이 부드럽고 매끈하며 몇 개의 나선상 추벽이 소장쪽을 향하여 뻗어 있어서 주름위(皺胃)라고도 하며 내면의 점막에는 소화액을 생산하는 소화선이 있다.

3) 반추위의 운동

반추위는 항상 운동을 하고 있는데 운동의 근원은 위벽을 구성하는 근육이 수축함으로서 비롯되며 자율적으로 이루어진다. 제1 위와 2 위의 운동은 먼저 제2 위가 수축함으로서 시작된다. 제2 위벽을 구성하는 근육은 특히 잘 발달하여 수축을 하면 제2 위의 내강 거의 전부가 압축된다. 이어서 제1 위의 수축이 일어나는데 이때 수축은 앞쪽부터 시작하여 뒷쪽의 위 아래로 파급되며 제1 위의 아랫부분이 수축하면 위내용물이 앞부분(제1 위전방)으로 들어간다. 반추위의 운동은 섭취한 사료, 채식시간, 임신등의 상태에 따라 다르나 대체로 5분에 10~14번 가량 일어나는데 휴식중에는 매 분당 약 1.8회, 반추중에는 약 2.3회, 채식중에는 약 2.8회의 운동을 한다. 제1의 운동은 좌측 기아부에 손이나 청진기를 대보아서 가늠할수 있으며 이 때 위내용물이 위벽을 따라 움직이는 소리와 세균의 발효로 인해서 생긴 가스방울들이 터지는 소리를 함께 느낄 수 있다.

소는 섭취한 사료를 다시 토출해 내서 반추를 한다. 이러한 토출작용은 거친사료가 제2 위와 분문부를 자극함으로서 발생하는데 먼저 제2 위가 수축하여 거친 사료를 분문 근처로 이동시킴으로서 시작된다.

제3 위와 제4 위도 운동을 하는데 제3 위의 수축운동은 사료를 기계적으로 분쇄하고 유동물질을 제4 위로 보낸다.

4) 반추위의 소화와 흡수

(1) 제1, 2, 3위에서의 소화, 흡수

반추위중 제1 위와 제2 위는 일종의 발효탱크와 같아서 많은 미생물에 의한 분해작용이 이루어지고 제3 위는 과잉의 수분을 제거해서 소화되기 쉽도록 준비시키며 제4 위는 산성상태에서 각종 효소에 의한 소화작용을 한다. 처음 제1 위내로 들어온 먹이는 비교적 가볍기 때문에 잠시 제1 위내의 액체 표면에 얹혀있다가 곧 제1 위가 수축하면 다량의 물 및 미생물과 완전히 섞이게 된다.

이들 미생물의 대부분은 세균과 원충이며 세균은 위내용물 1ml당 10억내지 천억개, 원충은 10만내지 100만개에 달한다. 소와 미생물은 서로 돕고 사는 공생관계에 있는데 제1 위가 미생물이 살기에 알맞은 온도와 습도 및 발효의 원료(사료)를 제공해 주는 대신 미생물은 이를 분해해서 소가 필요로 하는 당류와 유기산등의 영양분을 만들어 낸다.

미생물의 분해에 의하여 생성되는 유기산은 초산, 프로피온산, 낙산 등의 휘발성지방산으로이 초산이 약 60%로 가장 많다.

이 지방산은 제1 위벽으로 바로 흡수되어 소가 필요로하는 에너지의 70% 이상을 충당해 준다. 이 중 가장 중요한것은 프로피온산으로 간에서 포도당으로 합성되어 소의 대사과정에 들어가는 포도당의 약 절반가량을 공급하는데 질이 좋은 목초는 프로피온산의 생산비율을 높인다.

미생물은 무기 또는 저급의 유기질소물로부터 질이 좋은 아미노산으로 조성된 단백질을 합성해 내기도 하며 그 일부는 미생물이 이용한다. 또한 미생물은 비타민B와 K를 합성하므로 정상적인 소에게 이들 비타민을 급여할 필요는 없다. 한편 미생물에 의한 발효의 결과로 다량의 가스

가 생산되는데 탄산가스와 메탄가스가 주성분이다. 이들 가스는 트립을 통하여 배출되고 일부는 혈액으로 흡수된 후 폐를 통하여 배출된다. 이것이 배출되지 않을 때는 제1 위내에 가스가 차서 고창증을 일으킨다. 제1 위 내용물은 이상의 과정을 통해서 가수분해되고 부드러워지게 되며 일정 기간이 경과되면 분문으로 옮겨져서 동그란 식괴(食塊)의 형태로 토출된 후 반추를 통해서 아주 작은 입자로 갈려진 성분은 비교적 무거운 비중을 갖게 되며 다시 식도를 통해 제2 위로 온 후 제3 위로 옮겨진다. 제3 위에서 과잉의 수분이 제거된 다음 내용물은 제4 위로 보내진다.

(2) 제4 위에서의 소화

제4 위의 내면 점막에서는 소화흡수 염산, 무기염류 등이 함유된 위액이 분비되어 제1, 2, 3위를 거쳐 온 내용물을 소화시키는데 이때 함께 섞여온 미생물 자체도 소화된다. 제4 위에서 분비되는 소화효소는 펩신, 레닌, 리파제 등이다. 펩신은 단백질을 분해하는 효소로서 원래 펩신노겐이라는 물질로 분비되는데 염산에 의하여 펩신으로 된 후 비로소 분해능력을 갖는다. 펩신은 단백질을 분해하지만 최종분해산물인 아미노산까지는 분해하지 못한다. 레닌은 젖을 응고시켜서 제4 위내에 오래 머무르게 함으로서 펩신에 의하여 분해될 수 있도록 해주는데 역시 염산에 의해서 활성을 갖게 된다. 리파제는 지방을 분해하는 효소이나 제4 위내에서는 강한 산성으로 인하여 지방이 작은 입자로 쪼개지지 못하기 때문에 거의 소화능력을 갖지 못한다. 염산은 펩신과 레닌을 활성화 시키는 외에 방부의 작용과 하며 소량의 전분, 서당등을 가수분해한다. 또한 제4 위에서는 점액이 분비되어 위내면을 덮어서 소화효소에 의하여 위벽 자체가 소화되는 것을 방지해주며 윤활유의 역할을 한다. 그러나 제4 위에서 일어나는 소화작용은 단지 일부에 지나지 않으며 완전한 소화는 소장에서 완료되어 영양분이 흡수된다.