

수액요법과 환기

하 병 래*

1. 대동물 임상에 자주 쓰이는 전해질 보충과 수액요법

우리는 자주 송아지가 송아지 설사 (colibacillosis)로 죽는 경우를 흔히 보는데 그 경우 축주가 설사하는 송아지에게 항생제만 주어서 치료하고 수액 (fluid)는 주지 않아서 송아지가 대사성산성증 (metabolic acidosis)으로 죽은 경우 일때가 많다. 때때로 우리 수의사들도 전해질 (electrolyte)과 수액요법을 등한시 하는 경우가 흔히 있게 마련이다. 이유인즉은 시간이 걸린다느니, 혹은 값이 비싸게 든다느니, 혹은 실제 수액은 크게 효과가 없다느니 하는 등 여러가지가 있는데, 만약에 우리가 충분히 전해질과 수액을 이해하면 좀더 쉽게 여러가지 치료에도움이 되리라고 믿는다. 여기에서 쉽게 송아지 설사 때에 일어나는 여러가지 요인을 살펴보고 또 제 4위 염전 (torsion of abomasum) 때에 생기는 여러가지 전해질의 불균형과 그 치료법을 연구해보고자 한다.

(1) 송아지가 무슨 이유로든 설사를 할 때는, 장에서 전해질이나 organic molecule이나 수액 흡수가 저하되거나, 혹은 물이나 전해질 배설이 증가되거나 하게 된다. 그 결과로 장에 수액이 차게 되고 설사로서 배설하게 된다. 그래서 탈수현상이 일어나게 된다. 몸속의 체액은

Extracellular fluid (ECF)와 ICF (Intracellular fluid) 2부분이었는데 수액손실은 ECF 부분에서 더 크게 일어난다. 특히 혈액량이 크게 저하되어서 혈관수축 (vasoconstriction)이 생기고 그래서 anaerobic metabolism이 증가되고 혈액량감퇴성쇼크 (hypovolemic shock)가 생기게 된다.

전해질의 손실은 sodium (Na), potassium (K), chloride (Cl)와 그리고 bicarbonate (HCO_3)이 설사로 체외로 배출되는데서 생긴다. 실험실이 갖춰진 곳에서는 blood gas를 재어서 피의 pH와 그리고 모든 전해질을 재어서 모자라는 부분을 보충할 수 있는데 실제 임상에서는 그렇게 하기가 힘이 들기 때문에 대동물임상 수의사는 거기에 유사하게 맞추어서 치료하는 수 밖에 없다.

만약에 우리가 설사하는 송아지의 피를 뽑아 보면 칼륨 (potassium)의 양이 높아져 있는 것을 볼 수 있는데 이것은 매우 주목할 필요가 있다. 사실은 몸 전체에서는 칼륨이 부족 하다는 것을 인식하지 않으면 안된다. 피속의 칼륨이 증가되어 있는 이유에는 설사 때문에 생긴 산성증 때문에 세포내에 있는 대부분의 칼륨이 세포외 부분으로 나온 까닭이고, 또 혈액량 감퇴성쇼크 때문에 신장의 기능이 저하되어서 신장에서 칼륨을 내보낼 수 없는 것도 하나의 이유가 된다.

*미국, 마나와 동물병원

중탄산염 이온이 설사로 배출되기 때문에 피 속에 있는 bicarbonate buffer system이 저하되어서 산성화되고, hydrogen(H⁺) ion이 자연히 증가된다. 또한 hypovolemic shock 때문에 모든 조직이 산소결핍(anoxia)이 되어서 anaerobic metabolism이 증가되어서 유산(lactic acid)의 생산이 크게 증가되는데, 이것 또한 산성증을 채찍질 해준다.

끝으로 혈액의 양이 신장에서 감소되어서 신장의 기능이 아주 저하되어서 증가된 수소이온을 신장에서 빨리 배출해 버리지 못한다. 그러나 보통 정상적인 신장은 우리 몸에 산성증이 생기면 수소이온을 빨리 배설해 보내는 compensatory mechanism이 있는데 이것이 작용 못하게 되는 셈이다.

그리고 또 설사를 할때는 흡수가 잘 되지 않기 때문에 negative energy balance가 되어 버린다. 송아지가 태어날때는 대체로 energy reserve가 많지 않다. 몸의 2% 남짓되는 지방이 있으나 대부분의 지방은 갈색지방성 조직으로서 몸의 온도를 조절하는 기능을 가지고 있지만 신진대사에 필요한 free fatty acid는 공급해 주지 못한다. 그래서 저혈당증(hypoglycemia)와 negative energy balance가 생긴다.

요약해 보면

- ① ECF의 수분손실로 혈액농축(hemoconcentration)과 혈액량이 상당히 저하된다.
- ② 전체 체내칼륨의 부족이, 비록 피속의 칼륨이 증가하지만 생긴다.
- ③ 전체 몸속의 Na와 Cl이 부족된다.
- ④ 중탄산염 부족(설사 때문에 잃어버려서)과 anaerobic metabolism 때문에 산성증이 생

Table 1.

Hydration 상태	Skin Turgor (몇 초)	눈이 들어간것	Bicarbonate 필요량 meq/kg
Normal	2 - 3초	없 다	0
6% (mild dehydration)	4 - 6	없 다	2
8% (moderate dehydration)	6 - 8	조 금	4
10% (severe dehydration)	> 8	아주 심하다	8

긴다.

⑤ 저혈당증과 whole body energy 부족이 생긴다.

(1) 수액요법에 필요한 요소

여러가지 요소를 생각할 수 있는데, 그것들을 열거하면

- ① 수액의 흡수력
- ② 수액량을 보충하는데 필요한 양
- ③ 잃어버린 전해질 보충 Cl⁻, HCO₃⁻, Na⁺, K⁺
- ④ Acid-Base 교정, HCO₃⁻ 손실을 보충하는 것.
- ⑤ 열량 보충-glucose

경구 투여하는 전해질은 ECF와 비슷하면 할수록 몸에서 흡수가 잘 된다. 물론 이때 칼륨은 같이 넣어야 한다. 만약에 ECF와 근사하지 않으면 물이 흡수가 되지 않는다. 그렇기 때문에 ECF의 조직을 보면

Na⁺ 120 - 140meq/l

Cl⁻ 30 - 40 meq의 양을 유지하고 있다.

그래서 대개 만들어진 전해질이 120 내지 140 meq/l chloride 30 - 40meq/l 10 - 30meq/l의 칼륨 그리고 보통 chloride ion과 같은 양의 중탄산염을 가지고 있으면 산성증을 교정할 수가 있게 된다.

에너지 요소로는 glucose를 쓰는데, glucose가 에너지원으로만 쓰이는 것이 아니라, 또 칼륨을 세포내로 넣어 주는데 필요한 것이다. 그래서 과칼륨증(hyperkalemia)를 없애준다.

(2) 얼마의 수액을 줄 것인가

첫째로 수액에서 측정해야 할 중요한 문제이다. 그러자면 몇 %의 탈수가 있는가를 추측해야 하는데 그 방법으로는 피부의 긴장도를 보든지 혹은 눈이 들어간 상태로 추측할 수가 있다.

피부의 긴장도는 윗 눈꺼풀이나 아랫 눈꺼풀은 두 손가락으로 집어서 놓으면 몇 초뒤에 다시 되돌아 가는가 하는 것을 재면 된다. 때때로 목의 피부를 잡아도 된다.

필요한 fluid의 양 = Body wt(체중 kg) x % dehydration

fluid의 양 = liter로 표시됨.

(3) 투여방법

보통 탈수가 8% 이내이면 경구투여가 적합하다. 그러나 8% 이상의 탈수를 나타내면 정맥내주사를 하여서 수액을 공급하는데, 부족한 양의 반 정도를 2시간 내지 4시간 사이에 주고 그리고 나머지 반은 4시간 내지 8시간 걸러서 서서히 주어야 하는데, 이때는 indwelling catheter가 필요하고 heparin 등을 써서 line이 응고되지 않도록 하여야 한다. 그리고 때때로 피하주사와 경구투여를 정맥내주사와 같이 섞어서 사용 탈수를 예방한다.

피하주사로로는 주로 4 내지 6% 탈수 때 쓰는데, 만약에 4시간 내지 6시간 사이에 흡수가 되어지지 않으면 그때는 정맥내 주사를 주어야 하고, 이때는 아마 임상가가 탈수 정도를 잘 추정하지 못했다고 해도 과언이 아니다.

예) 50kg의 송아지가 설사를 심하게 하여서 지금은 거의 혼수상태에 가깝게 되어 있는데 피부 긴장도는 10초 정도되었다. 예측되는 병명은 송아지 설사증으로 추측된다. 이때 어떤 수액을 쓸 것인가?

이 문제를 풀기전에 아래와 같은 계산방법을 익혀둘 필요가 있다.

우리 몸의 피는 등장액을 이루고 있다. (그래서 osmolality를 300가량 유지해야 한다) osmolality는 concentration of osmotically active particle in a solution perunit of solvent(mosm/kg)

예를 들면 NaCl의 molecule weight는 58.5

그러나 전해질 속에서는 Na⁺과 Cl⁻로 존재해서 2 molecule로 남는다. 그래서

$$2000\text{mosmol} = 58.5\text{gm/liter}$$

$$= 5.85\text{gm}/100\text{ml}$$

$$= 5.85\% \text{ solution}$$

$$300 \times 5.85\% = 1.755\% \text{ at } 600 \text{ mosmol}$$

$$= 0.877\% \text{ at } 300\text{mosmol}$$

그래서 NaCl 0.877gm을 100ml solution에 섞으면 300mosmol의 solution이 된다. 우리가 알다시피 식염수 0.9%가 바로 여기서 나왔다. 피와 같은 osmolality라야 붉은 피톨이 파괴가 되지 않는다는 것은 우리가 다 잘 알 것이다.

여기에서 다음과 같은 osmolality를 각 전해질에서 구할 수 있다.

Table 2. Bicarbonate와 Eleetrolyte의 필요량을 계산하는 방법과 Osmolality를 측정하는 방법

① Bicarbonate 필요량 계산방법

$$\text{체중 (kg)} \times 0.3 \times \text{Bicarbonate 부족량 (mEq/L)} = \text{Bicarbonate 필요량 (mEq)}$$

② 전해질 필요량 계산법

$$\text{B.W (kg)} \times \text{Volume of distribution of the electrolyte (\%)} \times \text{부족량 (mEq/L)}$$

$$= \text{전해질 필요량 (mEq)}$$

③ Osmolality를 측정하는 법

$$\frac{\text{mg/L}}{\text{molecular weight}} \times N (\text{active porticle number}) = \text{mosm/L}$$

Table 3.

전 해 물 질	동위 원소무게	active particle 의 수	gram comersion factor (mEq/g)	osmolality mosion conversion /g/ℓ factor
NaHCO ₃	84	2	12	24
KCl	75	2	14	26.7
NaCl	58	2	17	34.5
Glucose	160	1		6.25
CaCl	75	2		26.7

위의 예와 같이 계산하는 방법을 익혀두는 것이 중요하리라고 본다.

<해답>

① 필요한 fluid의 양 (Table 1에서)

$$B.W (kg) \times \% \text{ dehydration} = 50kg \times 10\% = 5 \text{ liter}$$

② bicarbonate requirement (Table 1에서)

$$8 \text{ mEq} / 50kg = 400\text{mEq NaHCO}_3$$

gram으로 바꾸는 방법

$$400\text{mEq} \div 12\text{mEq/g} = 33g \text{ NaHCO}_3 / 5 \text{ liter of fluid}$$

③ potassium양 측정

대개 10 내지 30mEq/liter

$$5 \text{ L} \times 20\text{mEq/L} = 100\text{mEq} / 5 \text{ L}$$

gram으로 바꾸는것 (KCL)

$$1000\text{mEq} \div 14\text{mEq/g} = 7 \text{ gkcl} / 5 \text{ L}$$

④ glucose양 측정 주로 1% 정도 넣는다.

$$1\% = 1 \text{ g} / 100\text{ml} \text{ or } 10\text{g/L}$$

$$5 \text{ L} \times 10\text{g/L} = 50\text{g}$$

이렇게 해서 전해질이 정해진 뒤에 이 osmolality를 측정하여서 300mosm의 ECF농도와 같은가를 비교해 보아야 한다.

① NaHCO₃ : 33g/5 L or 6.6g/L

$$(\text{Table 3에서}) 6.6\text{g/L} \times 24\text{mosm/g/L} = 157 \text{ mosm/L}$$

② KCL

$$7 \text{ g} / 5 \text{ L} \text{ or } 1.4\text{g/L}$$

$$1.4\text{g/L} \times 26.67\text{mosm/g/L} = 37.2\text{mosm/L}$$

③ glucose : 50g/5 L or 10g/L

$$10\text{g/L} \times 6.25\text{mosm/g/L} = 62.5\text{mosm/L}$$

전체 osmolality는 $157 + 37.2 + 62.5 = 256.7 \text{ mosm/L}$ 그런데 우리가 원하는 osmolality는 300인데 256.7mosm 밖에는 되지가 않으니 $300 - 256.7 = 43.3 (\text{mosm})$ 이 부족하게 된다. 이것을 glucose를 가지고 메꾸려면 $43.3 \div 6.25 = 6.9\text{g/L}$ 의 과외가 필요하게 된다. 그래서 $6.9\text{g/L} \times 5 \text{ L} = 34.5\text{g}$ 의 glucose가 위의 50g 외에도 필요하게 되어서 최종적인 수액과 전해질은 (5L distilled 물 + 7gkcl + 33gNaHCO₃ + 84.5g glucose)가 된다. 이 수액의 total osmolality는 300이다.

위와 같은 계산방법을 이해해두고, 실제로 우리 병원에서는 electrolyte A (calf diarrhea)와 electrolyte B와 electrolyte C 이 3가지 전해질은 항상 만들어 두고 적합한 경우에 이것을 주로 경구투여한다.

electrolyte A는 송아지 설사때, electrolyte B는 주로 acidotic condition에 쓰는데 예를 들어서 lactic acidosis (너무 많은 배합 사료를 한꺼번에 복용), ketoacidosis (아주 심한 ketosis나), 혹은 여름철에 많은 saliva를 잃은 동물, 혹은 toxic mastitis 때문에 hypovolemic shock 이 걸린 동물들은 electrolyte B가 필요하게 된다.

electrolyte C의 용도는 주로 hypochloremic alkalosis때 사용하는데 이때는 LDA, RDA 등을 꼽을 수 있고, 소가 anorexia에 걸려 있는 경우 등이다. 다음과 같은 전해질을 골라서 항상 준비해 두면 필요할 때 관리가 편리하다.

electrolyte A formula

- Ⓐ dextrose 2.2gm
- Ⓑ glycine 9.0gm
- Ⓒ sodium 7.8gm
- Ⓓ 소금(sodium chloride) 7.0gm
- Ⓔ potassium chloride 2.2gm

이 electrolyte A는 물 증류수 2 liter와 섞어서 I.V 투여도 될 수가 있다. 혈장과 같은 osmolarity가 되니까 안전하고 acidosis의 치료가 된다.

또 이 electrolyte를 물 2 liter에 섞어서 경구투여한다. 물론 송아지가 설사를 하면 우유는 주지 않는 것이 좋고 대신해서 electrolyte를 공급해야 할 것이다.

electrolyte B formula

- Ⓐ salt 84 gm
- Ⓑ baking soda 73.8gm
- Ⓒ potassium chloride 12.0gm

이 electrolyte를 16liter의 물에 섞어서 경구투여한다.

electrolyte C formula

- Ⓐ dextrose 160gm
- Ⓑ salt 136gm
- Ⓒ potassium chloride 12gm
- Ⓓ calcium 17gm
- Ⓔ magnesium oxide 3.2gm
(epsom salt)

이것을 물 16liter에 섞어서 경구투여한다.

2. 축사의 환기방법과 동물건강 관리

안경을 낀 수의사라면 누구나 겨울철에 축사에 들어갔다가 앞을 볼 수가 없어서, 안경을 닦지 않으면 안되는 경우를 경험했으리라고 믿는다. 이것은 바로 너무 습기가 많아서 그것이 우사 밖으로 나가지 못하는 것 때문에 생기는 이유인데, 이것은 우사안의 환기가 잘못되어 있다는 증거가 된다.

또 때로는 우사에서 생기는 암모니아가스 등으로 눈을 뜨기가 힘든 때도 한두번이 아닐 것

이다. 이것 역시 환기문제가 아닐 수 없다.

우리나라 사람들은 옛날부터 따뜻하면 무엇이든지 좋은 줄 알고 겨울철에는 특히 모든 문을 닫고 조금이라도 열이 빠지지 않도록 해서 소가 숨쉬면서 나오는 모든 aerosol(virus나 bacteria등)이 그대로 다른 송아지나 소에게 전염되는 경우가 허다하다.

때때로 송아지를 키우는데 모든 공기가 소에게서부터 송아지에게로 향해서 따뜻한 공기가 송아지에게 간다고 하는 환기방법을 사용하는 것을 볼 때가 많다.

이때에는 많은 폐렴(호흡기 질환)이 송아지에게 발생하여서 때때로 아무리 항생제를 써도 듣지 않고, 환기 방향을 송아지에게서 부터 소로 돌리면(fan의 방향), 그 호흡기 질환이 나는것을 곧 볼 수가 있다. 이것이 곧, 환기가 얼마나 중요한 것인가를 얘기해주는 것이 된다.

여기에서 가장 기본되는 환기에 관해서 고찰해 보고자 한다. 비록 축사의 구조나 건물자체가 달라서 조금은 어렵겠지만 새로운 축사를 짓는 사람이나 혹은 낡은 건물을 다시 개조할 때 꼭 알아두어야 되리라고 믿는다.

첫째 우사를 새로 지을 때 단열(insulation)을 잘 하여야 한다. 벽은 R=15 정도로 그리고 천장은 R=23 정도의 단열을 하면, 여름은 더욱 더 시원하고, 겨울은 더 따뜻하게 된다. 물론 우리나라에서는 조금 어려운 점이라고 이해 된다.

우리가 환기를 하는데 그 첫 목적은 겨울에는 1시간에 4번 모든 우사의 공기를 새 것으로 갈아주어야 하고, 여름철에는 최저 15번 최고 30번은 완전히 공기가 바뀌게 해주어야 한다. 그러자면 최소한 겨울에는 15분마다 공기가 바뀌고, 여름은 4분에서 2분마다 공기가 환기되어야 한다는 얘기가 된다. 그래야만 공기중에 있는 습도를 완전히 제거할 수가 있어서, 습한 공기중에 살아 있는 aerosol pathogen(virus, bacteria)을 적게 할 수 있게 된다. 그렇기 하기 위해서는 우리는 공기를 빼내는 환풍기가 계

속해서 돌도록 해야 하고 그리고 신선한 공기가 들어오는 관이 우사규모에 맞게 존재해야 한다는 것을 알 수가 있다.

그런데 신선한 공기가 들어오는 곳에는, 그 관에서 공기속도가 최저 100feet/min (1분에 100 feet) 최고 800feet/min이어야 한다. 왜냐하면 너무 빨리 공기가 들어오면 그것이 잘 퍼지지 않고 오히려 draft를 유발하여 폐염을 야기하기도 하기 때문이다.

(1) fan 용량을 측정하는 방법

그래도 어느 정도 깨끗한 공기를 우사에서 유지하고, 그리고 겨울철에 습한 공기를 없애고, 여름철에 적당한 온도유지를 하기 위해서는 위에서도 기술한 바와 같이 겨울에는 4번 이상 통풍이 되어야 하고 여름에는 적어도 15번 이상은 공기교환이 되어야 한다. 그래서 fan을 택할 때는 최대한 필요한 fan의 용량을 택해서 우사에 설치하고 thermostat으로 필요하면 작동하게 하는 것이 좋다.

예를 들어서 우사의 크기가 36feet×150feet이며 천정까지 8feet라고 하면 그 전체 면적은 $36 \times 150 \times 8 = 43,200\text{ft}^3$ 가 된다.

그런데 적어도 4번 공기교환을 해야 하니까 $43,200 \div 4 = 10,800\text{c.f.m}$, 2,800CFM이 최소한 fan capacity가 된다. 그러나 여름철은 2분마다 공기교환을 하면 $43,200 \div 2 = 21,600\text{c.f.m}$ (cubic feet per minute)의 총 fan capacity가 우사에 설치가 되어야 한다는 얘기가 된다. 여기서 우리가 한가지 이해해야 할 것은 만약에 우사의 단열이 잘 되어 있지 않고 소가 우사에 꽂차있지 않는 경우에는 아무리 이렇게 계산을 하여서 잘 환기시스템을 장치하여도 공기를 건조하게 하는데는 문제점이 많다.

fan을 택할때는 single speed fan이 two speed fan 보다 좋고 그리고 fan을 test한 것이 정부규격에 맞는 것이라면 더욱더 좋을 것이다.

(2) 신선한 공기가 들어오게 하는 것

신선한 공기를 들어오게 하는 기능은 관을 통해서 들어오는 공기가 건물 전체에 잘 퍼져서 골고루 나누어 지는데 있는데 잘못하면 겨울철에는 draft가 생겨서 오히려 폐염이 생기게 된다. 우사에 공기가 들어올 때에는 여름에는 최고800 f.p.m(feet per minute) 속도이고 겨울은 100 feet per minute 속도가 적합하다.

위의 지식을 토대로 하여서 처음에 예들 든 우사에 대해서 한번 논해 보기로 하자.

① stall dairy barn 크기가 $36' \times 150' \times 8'$ (feet) = $43,200\text{ft}^3$ 이것이 바로 우사의 volume 이 된다.

② 최저 4번 공기가 바뀌어야 하니까 (한시간에) $43,200 \div 4 = 10,800\text{c.f.m}$

겨울철에는 15번 공기가 바뀌어야 하니까 (한시간내에) $43,200 \div 15 = 2,880\text{c.f.m}$

여름철에는 30번 공기가 바뀌어야 하니까 (한시간내에) $43,200 \div 30 = 1,440\text{c.f.m}$

즉 겨울의 2배가 되는 것이다.

그러면 fan 하나는 2,800 c.f.m 크기가 계속해서 틀어져야 하고 나머지 $10,800 - 2,800 = 8,000\text{c.f.m}$ 이 겨울에 필요한데 만약에 fan 기능이 4,000c.f.m짜리면 fan 2개가 될 것이다. (미국에서는 항상 fan은 15mile이나 되는 바람이 부는 정도에서 fan의 capacity를 테스트하여 rpm을 정한다).

그러면 fan의 위치를 살펴보면

① 만약에 여름에도 소를 넣어두면 남쪽과 서쪽 벽에 일정한 거리를 띄우고 fan을 놓는데 이렇게 하면 여름에 가장 환기를 잘 시키게 된다.

② 그리고 fan은 적어도 10feet 문에서 부터 되어야 한다.

③ 그리고 이 fan을 조정하는 thermostat은 우사의 중간 그리고 높이는 소가 있는 등 높이 정도로 해두는 것이 좋다.

④ 그리고 겨울에는 우사의 보도를 40° 내지 45°F (화씨 $40 \sim 45^\circ$) 정도를 해주는 것이 좋다. 왜냐하면 높으면 높을수록 습도조절이 어렵게 되기 때문이다. 항상 겨울에 목부가 젖 짜는데

조금의 추위를 느끼고 우유를 짜는 것이 소에게
는 더욱더 적합한 것이다.

⑤ 절대로 송아지 키우는데에 fan을 달지 말
아야 한다. 위에서 설명한 것같이 더운 공기를
소에게서 송아지까지 가져오게 하는 것이 좋은
줄 착각하는 때가 많다. 그러나 건강면에서 보
면 아주 나쁘다.

⑥ fan은 천정 가까이에 다는 것이 좋다. 그
리고 ensilate가 잘 되지 않은 곳은 차가운 공
기를 끌어 올리도록 fan 넓이만큼 duct를 해서
(12inch 깊이와 fan 넓이만큼 한것) 겨울철에
요하고 만약에 3개의 fan을 쓰면 2,667c.f.m
의 fan size 3개가 필요하게 된다. 실제로는
2,800c.f.m 크기의 fan 4개를 사용하는 것이
좋다. 이 4개 가운데 하나는 계속해서 움직이
고 그리고 나머지 fan 3개는 각자 thermostat
의 온도를 45°, 47°, 50°F(화씨)로 틀어서 3
개의 fan이 동시에 틀어질 수 없도록 하는 것이
좋다.

여름에는 한시간에 30번의 공기가 바뀌어야
하니까 10,800c.f.m의 fan이 더 필요하게 된다.
그러면 3,600c.f.m 크기의 fan 3개를 더 비치
해 줄 필요가 있다.

fan capacity 정하는데 기억해야 할것은 최소
한시간에 4번 우사의 공기가 바뀌어야 하고 겨
울은 15번, 여름은 30번 바뀌어야 한다.

그리고 난 뒤는 fresh air inlet area를 정하
여야 한다.

total exhaust in c.f.m ÷ velocity in feet per
minute = minute net inlet area in square feet
 $21,800 \div 800 = 27.25ft^2$

위의 예에서는 모두 7개의 fan을 사용하게
되어 있다. 그래서 이 fan이 있는 장소에는 air
intake slot을 놓을 수가 없다. $7\text{ feet} \times 8 = 56$
feet

그런데 우사의 길이가 150feet이니까(150feet
-56feet=94feet) 남쪽에 있는 벽에 94feet의
그리고 북쪽에 150feet의 inlet을 놓을 수 있는
곳이 있다. 그래서 전체 244feet(150'+94')의

길이가 있다. 보통 slot의 넓이는 일인치 정도
하기 때문에 $(244\text{feet} \times 12) \div 144 = 20\text{square feet}$
의 slot area를 가질 수 있다. (1feet=12inch)

$2,800\text{ cubirt feet per min} \div 20ft^2 = 140\text{ feet}$
per minute이 140feet per minute은 최저 100
f.p.m에 적합하다.

여름에는 북쪽에 있는 slot을 4inch로 넓히
면 $150\text{feet} \times 12\text{inch/feet} \times 4\text{ inch} \div 144\text{inch}^2 =$
50 square feet

북쪽 벽에 있는 면적=50ft²

그리고 남쪽 벽에는 $94\text{feet} \times 12\text{inch/feet} \times 1$
inch ÷ 144inch² ≃ 7.83ft²

그래서 전체 57.83ft²의 slot이 생긴 것과 같
다. 그래서 그 공기가 들어오는 velocity를 측
정해보면 $21,600 \div 58 = 372\text{feet per minute}$ 이 된
다.

이것은 800f.p.m 낮기 때문에 적합하다. 아주
복잡하게 느껴질지 모르지만 계산을 해보는 법
을 익히면 그렇게 어렵지 않다.

(다음 예제) Calf Barn Ventilation Example

$30\text{feet} \times 44\text{feet} \times 8\text{ feet}$ 높이의 우사를 짓는
데 단열도 잘 되고 그리고 모든것이 규격에 맞
다. (R in wall 15 : 천정 : 23)

(해답)

① fan capacity

최소 4번 공기같이(15분마다 한번씩), 최고
30번(2분마다), Volume of Barn= $30' \times 44'$
 $\times 8' = 10,560ft^3$, 최소 4번 air change/hour
= $10,560ft^3 \div 15 \approx 700\text{ c.f.m}$, 그냥 괜찮은 기후
에는 공기를 15번 바꾼다. (한시간내에) = $10,500$
 $\div 4 = 2,640\text{c.f.m}$.

700c.f.m fan은 계속해서 돌리고 날씨가 춥
지 않은 날은 $2,640 - 700 = 1,940\text{c.f.m}$ 의 fan이
필요하다.

그래서 1,000c.f.m 용량짜리 fan 2개를 사용
하는데 온도의 차를 5°F차로 thermostat을 재
어 놓으면 첫째 fan은 될 것이고 2째 fan은 10
°F 차로 되어지면 좋을 것이다.

만약에 기온의 차이가 심하면(바깥과) heat

source가 필요하게 되는데 이 계산법은

(B. tu) 열량(필요) = minimum rate(c. f. m)
 × 온도차, 온도차 = 안공기 온도 - 바깥공기 온도
 예를 들어서 안공기가 50°F이고 바깥공기가 10°F라면 온도차는 50 - 10 = 40°가 될 것이다.

그래서 필요한 열량 = 700 × 60 = 42,000 Btu/hour

여기서는 gas furnace를 써서 밖에서 들어오는 공기를 좁혀서 관을 통해서 균등히 우사에

퍼지게 하는 것이 좋다.

② fresh air inlet을 측정하는 법

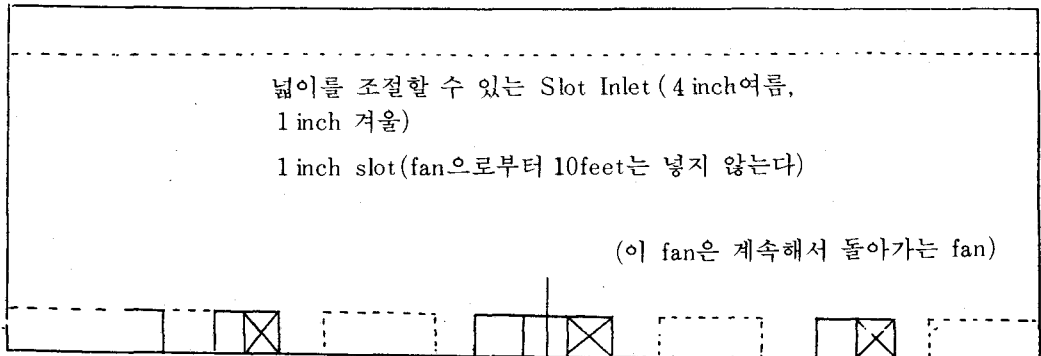
전체를 빼어내어야 할 양 (CFm) ÷ velocity in
 f. p. m = minimum inlet (square feet) area

그래서 volume of barn이 10,560ft³, 30번 공기
 교환을 하려면 10,560 ÷ 2 = 5,280 CFm,

5,280 ÷ 800 = 6.6 square feet이 된다.

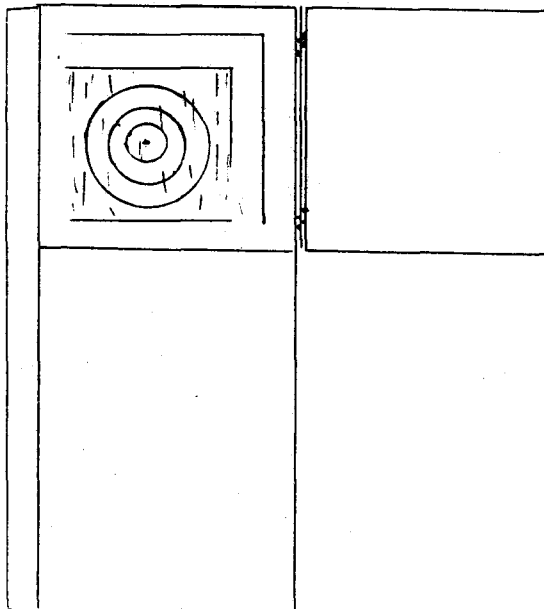
그러면 이 inlet을 한쪽 벽에 (fan이 없는 곳)

북쪽



☒ 겨울철에 쓰는 fan

□ 여름철에 쓰는 fan



(겨울철에 계속해서 돌아가는 fan에서는, 이런 duct를 사용해서 공기를 빼면 땅바닥 가까이 에있는 차가운공기가 빠지기가 쉽다.) 여름철에는 이런 duct가 필요가 없다. 더운 공기가 위로 올라가기 때문이다. fan옆에 달려있는 문을 겨울철에는 닫고, 여름철에는 열어서 더운 공기를 빼낼 수가 있다.)

(inch의 너이로 그리고 fan이 있는 쪽 벽에 1 inch 너이로 하면 거의 맞게 된다. 물론 fan 이 있는 곳은 air intake slot을 만들 수가 없다.

요약해 보면 환기의 기능은

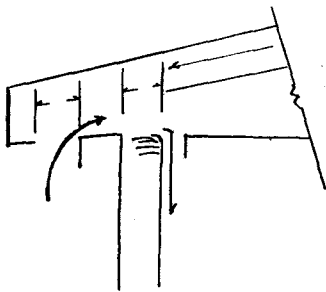
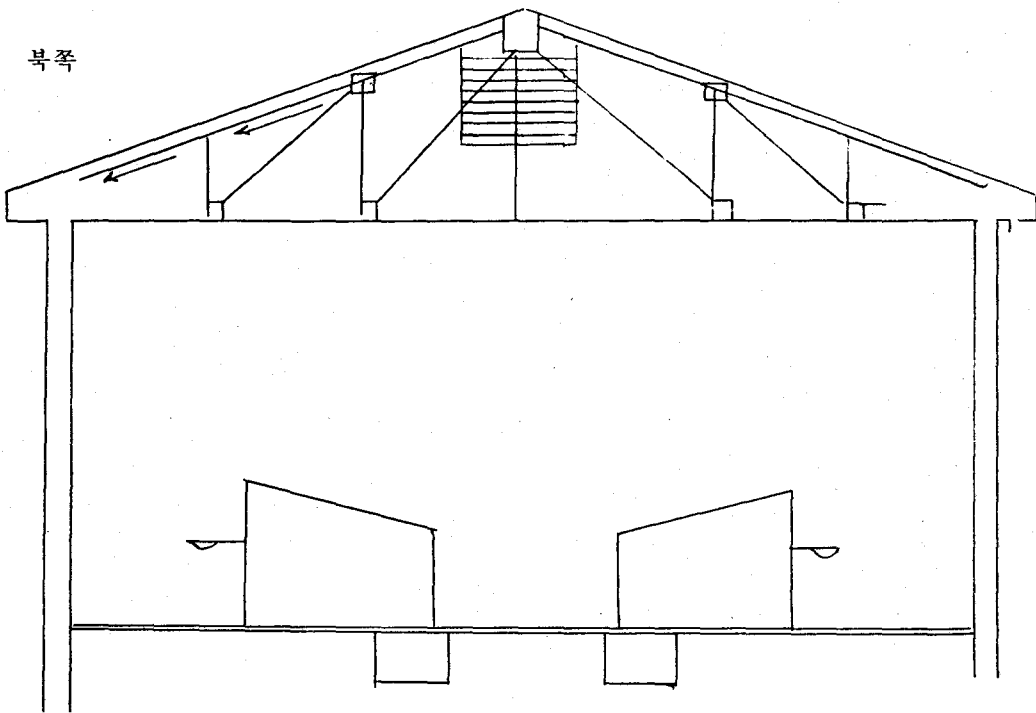
① 소가 하루에 숨쉬는데 약 3 gallon (17liter) 정도의 습기있는 공기를 우사에 내놓는데, 이 습도를 없애는 기능을 하고

② 그 내쉬는 습속에 많이 존재하고 있는 병원균을 잘 없애버리는 기능

③ 그리고 겨울철에는 실내 온도를 40°-45°F 로 잘 조정할 수가 있게 한다. (우리나라 같이 건물이 잘 단열되어 있지 않으면 습도와 온도조절하기가 어려울줄 모른다.)

④ 여름에 소를 우사에 둔다면 바깥공기와의 차이를 5°F이상 더 오르지 않게 한다. (바깥80° 실내 85°) 이렇게 하기 위해서는 천정도 단열이 되어 있어야 하고, 벽도 단열을 시켜야 한다.

Slot air inlet system



여기는 4 inch 너이지만 겨울철에는 1 inch의 너이만 남겨놓고 닫는다.

6 inch의 gap 사이로 여름에 시원한 공기가 들어가고 겨울에는 닫는다.