

소동물의 수분수지와 수액요법

양 일 석

서울대학교 수의과대학

물은 생명의 바탕이다.

우리는 무더운 여름철에 땀을 많이 흘리고나면 “목이 타는듯 하다”라고 느끼는 경우가 있다. 이는 물론 심한 갈증을 의미하며 곧 물이 부족함을 뜻한다. 이러한 경우 물을 찾아 마시는 한편 체내에서는 항이노호르몬(ADH) 분비가 증가되어 요량을 감소시키는 일 즉 수분을 보존하려고 한다.

몸속의 수분 함유량은 동물의 종류에 따라 다소 다르다. 이를테면 아주 여윈 고양이는 체중의 2/3정도이지만, 몸을 가누기 힘들 만큼 뚱뚱한 돼지는 체중의 1/3정도에 불과하다. 또한 성별에 따른 차이도 있어서 성인 남자는 체중의 63%, 여자는 체중의 52%가 수분이다(Pitts, 1968). 이러한 차이는 지방 함량이 다르기 때문이다. 그리하여 무지방 체중(lean body mass)으로 기준할 때는 체중의 70%가 수분이라고 하고 무지방 체중을 기준으로 하지 않을 때는 체중의 60% 정도가 수분이라고 한다. 이와같이 체중에 대한 수분의 함량은 어린 동물일수록 다소 많고, 나이가 많아질수록, 지방이 많을수록 적다(Carter, 1969).

이러한 수분은 체내에서 몇 가지로 구분이 되어진다. 이를테면 무지방 체중의 50%는 세포 내에 존재하므로 세포내액(ICF)라 하고, 20%는 세포외에 존재하므로 세포외액(ECF)이라

한다. 세포외액은 다시 혈장(5%)과 간질액(15%)으로 나눈다. 무지방 체중을 기준으로 하지 않을 때는, 세포외액은 동일하게 체중의 20%로 간주하고 세포내액은 40%로 간주한다.

동물은 정상 상태에서 수분의 섭취량과 배설량이 평형을 이루어 체내의 수분함량은 거의 일정하다. 동물이 수분을 얻는 길은 마신 물, 사료에 함유되어 있는 수분 및 대사수이다. 여기서 대사수라 함은 영양분중의 수소가 산화되어 생성된 물을 말하며 개, 고양이는 섭취하는 수분량의 10%를 차지한다. 일반적으로 13ml/100 Kcal 혹은 5 ml/kg/day이다. 단위 그램(g) 당의 대사수는 단백질이나 탄수화물보다 지방이 월등히 많지만, 열당량으로 보면 탄수화물이 우수하다(Table 1) (Anderson, 1982).

Table 1. 영양분의 대사수 (Anderson, 1982에서 인용)

| 영 양 분 | 생성된 물/g (g) | 생선된물/Kcal (g) |
|-------|----------------|------------------|
| 탄수화물 | 0.566 | 0.133 |
| 지 방 | 1.071 | 0.113 |
| 단 백 질 | 0.396 | 0.092 |

수분을 잃는 길은 오줌, 대변, 호흡기도와 피부를 통한 불감손실을 들 수 있으며 경우에 따라서는 젖이나 땀으로도 상당량의 수분 손실이

있다(양등, 1979). 불감손실은 정상적으로 15~30ml/1kg/day 혹은 총수분손실의 20% 정도 이나 발열시는 이 경로를 통한 수분손실이 증가함을 고려하여야 한다.

사람은 다른 육상 동물에 비하여 탈수에 견디는 힘이 약하여 생명을 유지할 수 있는 한계는 체중의 20%이다. 이에 비하여 쥐와 생쥐는 30%, 개와 고양이는 40%, 새와 양서류는 50%, 지렁이는 약 60%가 탈수의 한계점이다. 이 한계점까지는 소생할 수 있지만 이를 넘으면 살수가 없다. 이것은 물론 탈수 당시의 환경온도

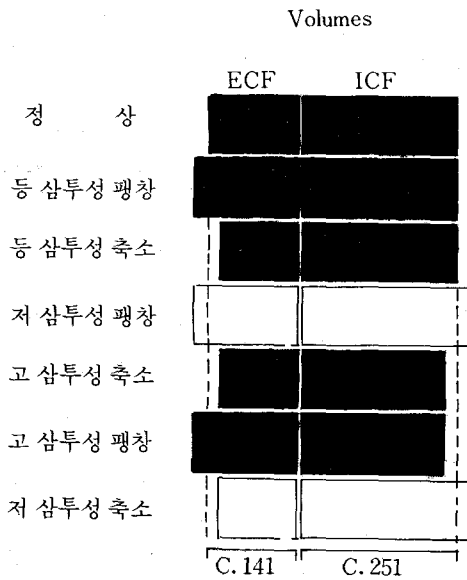


Fig. 1. 체액 평형 이상시의 체액구획변화 (Harth, 1983에서 인용)

와 탈수 속도에 따라 아주 다르다. 이를테면 개구리에서 탈수가 빨리 진행된다면 12%의 탈수에도 견딜 수 없으며 사람은 가장 알맞은 환경온도에서는 10~20일 정도이나, 아주 무더운 사막에서는 불과 몇 시간도 살기 어려우며 이때는 매 시간마다 약 1리터의 수분을 잃는다(Boylan, 1975).

어린 동물은 탈수에 대한 감수성도 높지만, 탈수에 대한 위험성도 높다. 즉 어린 동물은 수분

교체량이 크므로 수분 섭취의 장애가 있거나 구토, 설사, 발열 등으로 수분이 소실되면 성숙한 동물보다 빨리 탈수되며 그 증상도 심하다.

우리는 일반적으로 체액 평형의 이상이라 하면 탈수를 연상하기 쉽다. 그러나 그림에서와 같이 용적이 감소하는 축소(탈수)와 증가하는 팽창의 두가지로 나누어지며, 이들은 다시 삼투압에 따라 다음과 같이 여섯가지로 세분된다.

1) 등삼투성 축소(isosmotic contraction): 설사와 같은 경우에 볼 수 있으며 대변을 통해 체액성분이 유실되더라도 체액의 삼투질농도는 변하지 않는다. 따라서 세포내액으로부터 세포외액으로 물이 이동하지 않으므로 세포내액(ICF)의 양은 변하지 않는다. 이경우 대변중으로 단백질이나 혈구는 배설되지 않으므로 혈장단백질 농도나 헤마토크릿 값(Hct.)는 증가하게 된다.

2) 고삼투성 축소(hyperosmotic contraction): 용질의 소실은 적지만 수분 손실이 많을 때 즉 심한 탈수시나 불감손실이 많은 경우(예; 발열)에 볼 수 있으며 세포외액의 수분 손실을 가져온다. 이러한 경우에 삼투압의 증가뿐 아니라 혈장 Na, 단백질 등 주요 용질의 농도도 증가하다. 그러나 삼투압의 증가에 반비례하여 혈구내의 수분도 감소하게 되므로 Hct.는 그다지 크게 변하지 않는다.

3) 저삼투성 축소(hyposmotic contraction): 체액으로부터 물보다 용질이 더 많이 소실되어 체액의 삼투질 농도가 감소된 경우(예; 부신 기능부전)인 바 ECF양은 감소하지만, ICF에 비하여 ECF의 삼투압이 낮으므로 ECF로부터 ICF로 수분이 이동하여 ICF양은 오히려 증가한다. 이러한 경우 혈장량이 감소되므로 혈장단백질과 Hct.는 증가한다.

4) 등삼투성 팽창(isosmotic expansion): 생리식염수를 과량 주입하였을 때 볼 수 있으며 세포외액과 세포내액의 삼투압이 같기 때문에 ICF로의 수분 이동은 없고 ECF양만 증가한다. 따라서 혈장 단백질이나 Hct.는 감소한다. 임

상적으로 부종(edema)에서 볼 수 있다.

5) **고삼투성 팽창(hyperosmotic expansion)**: 고장성 NaCl 용액을 다량 주입하였거나 물에 비하여 NaCl 섭취가 과다 하였을 때 세포외액의 양이 증가하는 현상이며, 세포내액의 삼투압에 비하여 ECF의 삼투압이 높으므로 ICF로부터 ECF로 수분 이동이 일어난다. 따라서 세포내액양은 감소하고 세포외액양은 증가한다. 그러므로 혈장 단백질의 양과 Hct.는 감소한다.

6) **저삼투성 팽창(hyposmotic expansion)**: 콩팥이 정상적이지 못한 환축에 전해질이 함유되지 않는 용액(예; 5% 포도당)을 다량 주입하였을 때 볼 수 있는 현상으로 삼투압은 감소하고 체액의 양은 세포외액과 세포내액이 모두 증가하며 심한 경우에는 이른바 수분중독(water intoxication)에 이른다. 무더운 여름철에 땀을 많이 흘리고 물만 계속 먹는 경우에 수분중독과 비슷한 현상을 볼 수 있으며 두통, 메스꺼움, 열경련 등의 증상이 나타난다. 이러한 경우 적당량의 염분을 섭취하기만 하면 이러한 증상은 감소된다. 즉 너무 짠 음식을 먹은 뒤에 갈증이 나타나고 물을 마시면 갈증이 해소되는 것과 같다. 더운 여름철에 땀을 많이 흘릴 것을 생각하고 미리 염분을 섭취하여 두면 물을 많이 마시더라도 수분중독이 일어나지 않음을 우리는 가끔 경험한다.

실제적으로는 위의 여섯가지 예에서와 같이 순수하게 한가지만 나타나는 경우는 드물다(White 등, 1978). 예를들면 설사, 구토는 등삼투성 축소를 야기하지만 콩팥에서 노폐물의 배설에 필요한 최소한의 수분과 불감손실로 수분 양을 보충하지 못하면 증상은 고삼투성 축소로 바뀔 것이고, 만약 세포외액과 조성이 비슷한 전해질 용액(balanced electrolyte solution)을 공급하지 못하고 맹물만을 공급하게 되면 저삼투성 팽창이 되어 전해질의 평형을 잃게 되고 이대로 방치하면 이어 산·염기 평형을 잃게 되므로 동물은 쇠약해져서 질병을 유발하게 된다.

개와 고양이의 수분수지

개와 고양이는 둘다 육식동물이지만 개는 개과(科)에 속하며, 조상으로는 아시아 늑대(asiatic wolf)이고 10,000~12,000년전에 가축화되었으리라 생각되고 있다(Fox 및 Bekoff, 1975). 고양이는 고양이과(科)에 속하며 개보다 시기적으로 늦게 곡식 창고의 설치류를 방지할 목적으로 가축화되었다.

현재 개와 고양이는 애완동물로 기르고 있으며 경제적 발전이 이루어진 나라의 수의사일수록 흔히 접하는 동물이다. 개와 고양이를 비교하면 여러가지 다른면이 있지만 여기에서는 수분수지면에서 차이점을 살펴보고자 한다.

개는 심한 탈수인 경우를 제외하면 주로 낮에만 물을 먹는 습관이 있으며 고양이는 밤에도 낮과 마찬가지로 물을 먹는 습관이 있다.

개와 고양이는 수분섭취면에서는 큰 차이가 없지만 수분손실 특히 수분의 불감손실면에서는 상당히 다르다. 이를테면 40°C의 환경온도에서 개는 정상 호흡수보다 12~20배 증가하는 반면 고양이는 4~5배 증가에 불과하다(Table 2).

Table 2. 40°C의 환경온도에서 포유류의 호흡반응(Anderson, 1982에서 인용)

| | 호흡수 증가 (배) |
|-----------|---------------|
| 개 | 12-20 |
| 고양이 | 4-5 |
| 양(Merino) | 12 |
| 토끼 | 8 |

이는 곧 체열을 배출하는데, 개는 헐떡거림(panting)을 가장 효과적인(57%) 방법으로 이용하는 동물이며 고양이는 그 반대로 효과가 적은(9.4%) 동물이다(Table 3). 이러한 환경에서 고양이는 핥기(licking)를 잘한다. 즉 고양이는 환경온도가 증가하면 물방울이 뚝뚝 떨어질 정도로 거의 몸 전체를 핥는다. 반면 개는 콧등

Table 3. Panting시 포유류의 호흡기도로 통한 수분손실 (Anderson, 1982에서 인용)

| | 체 중 (kg) | 환경 온도 (°C) | 상대 습도 (%) | 호흡기도로 통 한 수분손실 (g/ min) | Panting에 의한 열손 실(총 열생산의 %) |
|-------|-------------|---------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 개 | 16 | 41 | 32 | 0.326 | 57 |
| 고 양 이 | 3.5 | 41 | 32 | 0.029 | 9.4 |
| 양 | 27 | 41 | 32 | 0.316 | 29 |
| 토 끼 | 3.5 | 41 | 32 | 0.059 | 19 |

부위를 제외하고는 핏는 일이 거의 없고 단지 타액 분비가 증가될 뿐이다(Anderson, 1982).

극도의 탈수상태에서 조차도 노폐물 배설을 위한 콩팥으로의 수분손실은 있게 마련이다. 따라서 오줌 농축능력이 큰 동물은 그만큼 수분의 보존능력이 크게 마련이다. 고양이는 개보다 오줌 농축능력이 25% 정도 더 크다(Table 4).

Table 4. 포유류의 최대 오줌 농축력 (Anderson 1982에서 인용)

| | 총농도(mosm/L) |
|-------|-------------|
| 개 | 2425 |
| 고 양 이 | 3200 |
| 양 | 3190 |
| 토 끼 | 1390 |

한편 개는 탈수시 체중의 8%까지 단 시간에 수분을 보충할 수 있지만 고양이는 4% 정도까지 밖에 보충할 수 없다. 이는 탈수시에 개가 고양이보다 회복에 대한 반응이 빠름을 말해준다.

수액요법

체액평형의 장애가 있는지 확인하는 것은 두 가지 중요한 이유가 있다. 즉 탈수된 환측의 수분, 전해질 산·염기 평형의 적절한 진단은 환측의 원발성 문제를 진단하는데 중요한 실마리가 된다. 이를테면 극도로 탈수되고 혼수상태에 빠진 개가 있다면, 이 개는 정상에 비하여 혈청 Na⁺이 현저히 감소되어 있고 혈청 K⁺은 철저히 증가되어 있다. 이러한 전해질의 불균

형은 부신기능 부전증의 전형적인 특징이다. 두 번째 이유는 어떤 상태의 변조가 있는지를 알아야 적절한 수액을 처방할 수 있다는 점이다. 예를 들면 환측이 산중일 때 알칼리화하는 용액을 사용하여야 하며 산성화하는 수액을 사용하면 환측의 상태를 더욱 악화시키고 말 것이다(Tasker, 1970).

Boylan(1975)은 개와 고양이는 체중의 40%까지는 생명을 유지할 수 있다고 하였으나 일반적으로 체중의 5%에 해당하는 수분손실이 있으면 임상적 증상이 나타나고 7%의 손실이 있으면 그 증상은 명확하여지며 12~15% 정도 손실되면 죽음에 이르기에도 한다(Finco, 1970, Yoxall 및 Hird, 1980).

정상 동물의 피부는 아주 탄력이 있고 부드러워 집었다 놓으면 즉시 원래상태로 돌아가지만, 탈수시는 피부의 탄력이 소실되어 회복이 늦어진다. 그러나 탈수가 아니더라도 영양상태가 아주 나빠 지방이나 단백질이 모자라는 경우에도 피부 탄력이 소실되는 경우가 있고, 비만한 동물에서는 심한 탈수에도 피부 탄력이 유지되는 경우가 있으므로 탈수시와 구분이 되어야 한다(Cornelius, 1980).

또한 구강 점막의 건조도 체액 결핍을 알 수 있는 증상이다. 그러나 비강에 울혈이나 분비물이 있을 때 볼 수 있는 바와 같이 구강을 통한 호흡시에는 체액이 정상이더라도 구강 점막이 건조한 경우가 있다. 손가락으로 잇몸을 눌렀다 떼었을 때 정상 색깔로 회복되는 것이 늦다면 모세혈관의 혈액순환이 나쁨을 의미한다.

이때 사지가 차갑고, 심박축진을 수반하는 경우가 있다. 이러한 모든 증상이 탈수에 기인한 것이라면 탈수의 상태가 심함을 의미한다.

임상가들이 탈수의 정도를 짐작할 수 있도록 표로 제시하면 Table 5.와 같다(Cornelius, 1980). Table에서와 같이 임상가들이 수분 손실

Table 5. 체중의 %로 표시한 탈수의 정도 (Cornelius, 1980에서 인용)

| 탈수정도(%) | 임상소견 |
|---------|--|
| < 5 | 정상 |
| 5 | 완만한 피부 탄력 감소 |
| 7 | 명확한 피부 탄력 감소, 모세혈관 충만시간* 2~3초, 눈꺼풀의 수분손실 보임. |
| 10-12 | 심한 피부 탄력 감소, 모세혈관 충만시간 3초 이상, 눈꺼풀의 수분손실로 움푹하게 됨, 쇠약한 동물에서 쇼-크 보임, 근육의 불수의적인 진전 |
| 12-15 | 현저한 쇼-크보임, 죽음 임박 |

* : 모세혈관의 정상 충만시간 : 1 1/2 - 2 초

에 대처할 수 있는 정도는 수분 손실이 체중의 5%와 15% 사이임을 알아야 한다. 즉 임상증상이 나타난 후 체중의 10%에 해당하는 손실이 더 있으면 생명의 위험이 있음을 인식하여야겠다.

탈수의 정도를 아는데는 계속하여 체중을 측정할 수만 있다면 체중을 기준으로 탈수 정도를 알 수 있으며 (Bruck, 1971). 혈장 단백질양과 헤마토크리트 값을 동시에 측정하여 보는 것도 좋은 방법이다. 즉 빈혈이 있을 때는 탈수가 되면 Hct.는 정상 범위에 있을 수 있고, 저단백혈증이면 탈수도 혈장 단백질량이 정상 범위의 값을 나타내기 때문이다 (양등, 1979, Finco, 1972).

수액요법을 실시할 때 항상 관심을 가져야 할 점은 1) 수액의 종류, 2) 수액의 양, 3) 주입 속도, 4) 투여경로, 5) 투여에 따른 부작용 등이다 (Gross 및 McCrady, 1977, Michell, 19

79). 또한 수액의 삼투압, 산·염기 평형에 어떤 영향을 주는가도, 고려하여야 한다. 이를테면 생리 식염수 자체는 산도 염기도 아니지만 다량을 정맥주사하면 혈장의 완충용액이 희석되는바, H₂CO₃의 농도는 폐에 의하여 빨리 평형이 되지만 H₂CO₃는 콩팥에 의하여 평형이 이루어지는데 상당한 시간이 소요된다. 따라서 생리 식염수를 주사하기 전에 비하면 HCO₃/H₂CO₃비 중에서 H₂CO₃가 상대적으로 많아지므로 산증이 된다 (Nuttall, 1965). 물론 이 동물의 콩팥이 정상이면 수시간 후 부터 점차 회복이 될 것이다.

1) 수액의 종류 : 일반적으로 단순 탈수(고삼투성 축소)시에는 5% 포도당, Na 부족 (저삼투성 축소)시에는 생리 식염수, 전해질을 동반하는 세포외액의 손실(등삼투성 축소) 시에는 Hartmann용액 (lactate Ringer)이 적당하다 (Yoxall과 Hird, 1980). Hartmann용액이라 함은 링거용액과 전해질의 조성은 큰 차이가 없지만 특이한 점은 lactate가 있다는 점이다. lactate 이온은 간에서 대사되어 HCO₃⁻가 생성된다. 즉 $Na^+ + CH_3CH(OH)COO^- + HOH + 3O_2 \rightarrow Na^+ + OH^- + 3CO_2 + 3H_2O \rightarrow Na^+HCO_3^- + 2CO_2 + 3H_2O$. 따라서 lactate 이온은 HCO₃⁻와 같은 기능을 가진다.

그리하여 HCO₃⁻를 투여하여 환기량이 감소되어 저산소증의 위험이 있거나, 경구적으로 HCO₃⁻를 투여하여 구토를 유발할 위험이 있는 경우 혹은 Ca⁺⁺을 수액에 첨가할 경우에는 HCO₃⁻ 대신에 lactate를 사용한다. 그러나 lactate의 이러한 효과는 30~60분 후에야 나타난다 (Hartfield등, 1981). 따라서 심한 설사로 HCO₃⁻를 많이 잃었거나 젖산 산증 (lactic acidosis) 및 간기능이 나쁠 때에는 lactate대신에 HCO₃⁻를 직접 투여하는 것이 바람직하다.

세포외액 및 그 대용액의 전해질 조성은 Table 6 과 같고 체액평형의 장애시에 볼 수 있는 상황과 대책을 Table로 정리하면 Table 7 과 같다.

Table 6. 세포외액과 그 대용액의 전해질 조성 (mEq/L) (Michell, 1979에서 인용)

| 용액 | Na ⁺ | Cl ⁻ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Base | 목적 |
|----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------|---------------------|
| ECF | 150 | 110 | 5 | 5 | 25 | ECF양 보충 구토 설사 |
| Ringer-lactate | 130 | 110 | 4 | 3 | 27 | |
| Cooke-crowley | 63 | 150 | 17 | 0 | 0 | |
| Darrow | 122 | 104 | 52 | 0 | 52 | |

Base: HCO₃⁻ 또는 lactate

Table 7. 체액평형 장애시의 상황과 그 대책 (Yoxall 및 Hird 1980에서 인용)

| | 원인 | 임상증상 | 실험실소견 | 치료 |
|----------|---|---|---|-----------------------------------|
| 등 삼투성 축소 | 1) 구토 2) 설사 3) 심한감뇨 4) 장폐쇄 | 1) 갈증 2) 점막건조 3) 피부 탄력 감소 4) 뇨량 감소 | Hct. Hb ↑ 혈장단백질 ↑ | Hertmann용액 : 5% 포도당 (1 : 1) |
| 고 삼투성 축소 | 1) 수분 섭취 감소 2) 수분 손실 증가 3) 발열 (불감손실 증가) | 1) 갈증 2) 점막건조 3) 뇨량 감소 | Hct. ↑, Hb ↑ 혈장단백질 ↑ 혈장 Na ⁺ ↑ | 5% 포도당 |
| 저 삼투성 축소 | 1) 탄수화물 (예, 5% 포도당)의 과도한 주입 2) 수분섭취는 정상이나 식욕감퇴 3) 부신 기능부전 | 1) 피부 탄력 감소 2) 무력증 3) 뇨량 감소 | Hct. ↑, Hb ↑ 혈장단백질 ↑ 적혈구 수 ↑ | 생리식염수 |
| 등 삼투성 축소 | 1) 생리식염수의 과도한 주입 2) 울혈성 심부전 3) 저단백 혈증 | 1) 폐수종 2) 체중증가 3) 말초의 부종 | Hct. ↓, Hb ↓ 혈장단백질 ↓ | 이뇨제 (삼투적이뇨) |

2) 투여경로; 수액요법이라하면 정맥주입을 연상하게 되지만 구토, 설사, 심한 hypovolemia를 제외하면 경구적 투여가 바람직하다. 이방법은 삼투압, 투여량, 무균상태 등을 크게 고려하지 않아도 무방한 장점이 있다. 그러나 단 시간내에 많은 양을 투여하여야 할 때는 일반적으로 정맥주입의 방법을 택한다. 이 방법은 경우에 따라 등장액이 아닌 용액(이들테면 고장액)을 이용하기도 하지만 이때에는 주입속도를 천천히 하여야 한다. 만약 고장액을 빠른 속도로 주입하면 환축은 심한 통증을 느끼게 되며 심한 경우에는 '쇼크'로 죽음에 이르는 경우도 있다.

이외에 피하 혹은 복강내 주입의 방법을 택할

수도 있으나 정맥주입보다 못하며, 복강내 주입은 복막염을 유발할 수 있으므로 무균적으로 투여하여야 한다. 이는 피하의 방법보다 잘 흡수되지만 복강장기를 다칠 우려가 있으므로 주의를 요한다.

3) 주입속도; 투여경로를 정맥으로 결정하였을 때 관심을 가져야 할 점은 주입속도, 삼투압(특히 주입속도가 빠를 때), K⁺ 및 HCO₃⁻의 농도이다.

동물이 순환 부전으로 거의 '쇼크'상태에 이른다면 순환 혈액량의 회복이 가장 시급한 문제이다. 이러한 경우에는 다량의 혈액, 혈장 혹은 혈장 대용액을 투여하게 된다. 이 경우 총혈액량에 해당하는 90ml/kg/hr를 투여 (Finco, 1972,

Yoxall 및 Hird, 1980)하기도 하지만 이러한 경우에는 중심정맥압을 확인하여야 한다. 만약 중심정맥압을 확인할 수 없다면 심박촉진(tachycardia) 및 폐수종 여부를 청진기로 확인하여야 한다. 물론 이때의 수액은 체온 정도로 가온하여 주입하지 않으면 저체온상태에 빠져 상태를 더욱 나쁘게 한다.

그러나 이러한 속도는 너무 빠르므로 20~30 ml/kg/hr를 권장하며 만약 중등도의 탈수(체중의 8%~10%에 해당)시에는 5 ml/kg/hr가 좋다(Schall, 1982). Gross와 McCrady(1977)는 처음 40~60분 동안은 13~14ml/kg/hr로, 그후로 10ml/kg/hr를 권장하고 있다.

주입세트를 이용할 경우에는 실제적으로 시간당 ml보다 1분당 방울수로 생각하는 것이 바람직하다. 시중에 판매되고 있는 주입세트는 1 ml당 소아용은 50~60방울, 성인용은 10~20방울이므로 다음 공식을 이용하면 방울수를 계산할 수 있다(Schall, 1982).

$$\text{방울수/min} = \frac{\text{방울수/ml} \times \text{주입할 총량(ml)}}{60 \times \text{주입시간(hr)}}$$

K⁺과 HCO₃⁻의 문제를 생각하여 보면 정상 개의 혈장 K⁺농도를 3.9-5.6mEq/L이고 고양이는 4.0mEq/L이다. 이와같이 혈장(세포외액)의 K⁺농도는 아주 낮고 좁은 범위내에서 농도 조절이 이루어지므로 실수로 단시간내에 정맥내로 주입하여 혈장 농도가 10mEq/L를 넘으면 치명적이 된다. 그리하여 심전도(ECG)를 이용할 수 있다면 유용하다. 이를테면 혈장 K⁺이높을 경우(hyperkalemia)에는 심전도상의 T파는 커져서 그 높이가 거의 R파에 가까워지고, Q-T간격이 좁아지며, P파의 높이가 감소하거나 소멸된다. 반대로 혈장 K⁺이 낮을 경우(hypokalemia)에는 T파가 완만하거나 반전된다. 혈중 K⁺농도와 관계없이 개에서는 T파의 반전이 나타나는 경우가 있으므로 심전도를 계속 기록하여야 하며 주의를 요한다(Schear, 1982).

K⁺배설의 90% 이상을 콩팥이 맡아서 하므로 콩팥의 기능이 정상인가 확인되기 전에는 정맥으로 K⁺을 투여하지 말고 경구적으로 투여하는

것이 바람직하며, 정맥투여시에는 0.5mEq/kg/hr를 넘지 않는 것이 좋다(Schaer, 1982). 콩팥이 정상인가 시험하는 방법은 50% 포도당을 1~25ml(체중에 따라)를 정맥주사하고 매 5분마다 오줌속에 포도당 출현 여부를 관찰하여 포도당이 오줌속에 나타나면 사구체 여과가 일어남을 의미한다(Gross 및 McCrady, 1977). 이때 너무 적은 양의 포도당, 이를테면 사구체 여과량이 근위세뇨관에서의 최대이동치(Tm)보다 작을 경우에는 요중에 포도당이 나타나지 않는다. 또한 요량이 20ml/kg/24hr이라면 정상기능이라고 본다(Yoxall 및 Hird, 1980).

HCO₃⁻를 투여할 필요가 있다면 경구적으로 투여함이 적당하며 정맥으로 투여하고자 하면 그 속도를 아주 느리게 하여야 한다. 그렇지 않으면 뇌척수액(CSF)의 pH보다 혈액의 pH가 빨리 정상으로 회복되어 중추신경 장애를 유발하는 경우가 있다(Cohen, 1982). 즉 혈액의 pH가 증가하면 대상성으로 환기량이 감소하여 동맥혈의 PCO₂는 증가하게 된다. 가스는 이온에 비하여 혈액-뇌장벽(blood-brain barrier)을 잘 통과하므로 CSF는 오히려 산쪽으로 기울게 된다.

적절한 수액요법을 실시하므로써 질병의 상태를 호전시키는 물론 치명적인 환축의 생명을 구할 수도 있다. 그러나 지나침은 부족한 것보다 못한 경우도 있다는 말과 같이 수액요법(특히 비경구적 투여)을 실시함에 있어서 환축상태의 관찰을 게을리하지 말아야 할 것이다.

《参考文献》

1. Anderson, R. S.: Water balance in the dog and cat, J. small animal practice, 23:588, 1982.
2. Boylan, J. W.: Physiology of the kidney and of water balance, Springer-Verlag, New York, 1975.
3. Bruck, E.: Laboratory tests in the analysis of states of dehydration. Ped. Clin. North Amer. 18:265, 1971
4. Carter, J. M.: Fluids-the solution for young and old, J AVMA, 154:1168, 1969.

5. Cohen, J. S.: A summary of complications of fluid therapy, *Vet. Clin. North Amer.: Small Animal practice*, 12:545, 1982.
6. Cornelius, L. M.: Fluid therapy in small animal practice *JAVMA*, 176:110, 1980.
7. Finco, D.R.: Fluid therapy- detecting deviations from normal, *JAAHA*, 18:155, 1972.
8. Fox, M. W. and Bekoff, M.: The behavior of dogs, In Hafez, E. S. E.: The behaviour of domestic animals, Bailliere Tindall, London, 1975.
9. Gross, D. R. and McCrady, J. D.: General concepts of fluid therapy, In Jones, L. M., Booth, N. H., McDonald, L. E.: *Veterinary pharmacology and therapeutics*, 4th ed, Iowa State Uni. press, 1977.
10. Hartsfield, S. M., Thurmon, J. C., Corbin, J. E., Benson, G. J. and Aiken, T.: Effects of sodium acetate, bicarbonate and lactate on acid-base status in an anesthetized dog, *J. vet. Pharmacol. Therap.* 4:51, 1981.
11. Harth, O.: *Water balance; transport of fluids and solutes*; In Schmidt, R. F. and Thews, G.: *Human physiology*, Springer-Verlag, Berlin, 1983.
12. Michell, A. R.: The pathophysiological basis of fluid therapy in small animals, *Veterinary Record*, 104:542, 1979.
13. Nuttall, F. Q.: Serum electrolytes and their relation to acidbase balance, *Arch Intern Med.*, 116:670, 1965.
14. Pitts, R. F.: *Physiology of the kidney and body fluids*. Year book medical Publishers, Chicago, 1968.
15. Schaer, M.: Disorders of potassium Metabolism, *Vet. Clin. North Amer.: Small Animal Practice*, 12:399, 1982.
16. Schall, W. D.: General principles of fluid therapy, *Vet Clin. North Amer.: Small Animal Practice*, 12:453, 1982.
17. Tasker, J. B.: Laboratory evaluation of fluid balance disorders in dogs and cats, *JAVMA*, 157:1703, 1970.
18. White, A., Handler, P., Smith, E. L., Hill, G. L. and Lehman, I. R.: *Principles of biochemistry*, 6th ed, McGraw-Hill. 1978.
19. Yoxall, A. T. and Hird, J. F. R.: Practical considerations in fluid therapy, In Yoxall, A. T. and Hird, J. F. R.: *Physiological basis of small animal medicine*, Blackwell, Oxford, 1980.
20. 양일석, 임창형, 정운익: 소장의 병태 생리에 관한 지견. 3. 물과 전해질, *대한수의사회지*, 15:563, 1979.