

## 水分, 電解質 및 酸·塩基平衡

南 治 州\*

体液療法이란 水分, 電解質 및 酸塩基의 不均衡을 교정하는 것이다. 이들 불균형은 酸性化 혹은 알칼리화하는 製劑와 특정한 電解質을 첨가한 多이온溶液(polyionic solutions)을 投與하므로써 교정할 수 있다. 体液療法の 목적은 水分, 電解質 및 酸塩基 不均衡을 정상으로 복귀시킴으로써 현재의 질병경과를 치료하는데 도움을 주고, 때로는 生命을 구하는 것이다.

건강한 동물에서는 水分代謝와 電解質과 酸塩基平衡은 정상적인 恒相性(homeostasis)을 유지하도록 생리적으로 잘 조절되고 있다. 이들 平衡이 약간 변화되어도 죽음까지 일으키는 심각한 결과를 초래할 수 있다. 병원에 입원시켜서 치료해야할 정도로 질환이 심한 대부분의 경우에 치료방침을 수립할 때 동물의 水分平衡의 평가를 필요로 하고, 때로는 電解質과 酸塩基平衡의 조사도 필요하다. 体液과 電解質障害의 가장 일반적 원인은 嘔吐, 泄瀉에서 일어나는 胃腸管分泌物의 상실, 腎臟에서의 再吸收의 장애 혹은 水分攝取의 부적당 등이다.

### 1. 水分平衡

水分은 動物 体重의 약 60%를 차지한다. 이 수분의 약 25%는 間質液과 血漿인 細胞外液이다. 나머지 35%는 細胞内液이다. 이들 水分中 細胞外液의 용적만 직접 조절된다. 이와같은 직

접 작용은 주로 腎臟에서 이루어 지는데 細胞外液이 정상보다 적을 때에는 나트륨을 정제시켜서 오줌을 더욱 농축시켜 소량 생산함으로써 水分을 보존한다. 또한 細胞外液의 용적이 정상보다 크면 腎臟은 오줌을 더욱 희석시켜 대량 排泄시킨다.

水分調節의 腎臟機轉이 충분할지라도 중추신경계에 의하여 조절되는 渴症調節機轉과 동시에 작용되어야 한다. 渴症조절기전이 너무 지나치게 자극되어 일어나는 多飲多渴症(polydipsia)에서는 1日 体重 파운드당 50ml 이상 수분을 섭취한다. 과량의 体液을 제거하기 위하여 신장기전이 최고도로 자극되어질 때에는 多尿症에서는 1日 체중 파운드당 25ml 이상 尿를 排泄시킨다.

水分欠乏은 임상증후와 실험실성적에 의하여 평가할 수 있으며, 일반적으로 体重에 대한 %로서 脫水를 표현한다. 이 퍼센테이지는 일반 검사에 의하여 평가할 수 있다. 피부의 팽만감과 탄력성의 감소는 피부를 잡아당겨보고 정상상태로 돌아오는데 걸리는 시간을 조사하여 판정한다. 피부의 팽만감은 목둘레 피부는 탄력성이 적으므로 그것을 잡아당겼을 때 잘못 판단할 수 있기 때문에 허리부위의 피부를 조사해야 한다. 또 나이가 많거나 야위어 있는 동물의 피부는 탄력성이 적으므로 이들 동물에 대한 脫水의 평가는 더욱 어렵다.

体重의 5% 체액상실이 있을때 脫水증상이

\* 서울대학교 獸医科大学

나타나게 된다. 이때에는 피부팽만감은 정상보다 약간 감소하며, 口腔粘膜은 건조하게 된다. 体重의 8% 체액상실은 중등도의 체액상실로 허리부위 피부를 잡아당겼을때 천천히 정상으로 돌아온다. 이때 脈搏은 약하고 동물은 침울하다. 体重의 10% 체액상실은 重症이다. 이때 피부는 탄력성이 없고 眼球는 眼窩속으로 함몰되고 貧血性 쇼크의 증상이 나타난다. 体重의 12% 이상 체액상실은 生命에 위험하다.

실험실 검사상적으로도 역시 탈수상태를 관찰할 수 있다. 탈수가 되면 赤血球容積(PCV), 血色素, 總蛋白質 그리고 尿比重이 증가한다. 体液欠乏을 보충하기 위한 輸液量은 다음 공식으로 계산할 수 있다.

$$\text{脱水}\% \times \text{体重(lb)} \times 500\text{ml} = \text{總 体液欠乏量(ml)}$$

이 体液欠乏量에다 매일 일어나는 정상적인 상실량(보통 1日 体重과운드당 약 25~30ml)을 합하고, 또 嘔吐, 泄瀉등으로 계속 상실되는 양을 합한 總 体液補充量을 24시간동안 투여되어야 한다. 심한 貧血性 쇼크의 예에서는 훨씬 급히 투여하여야 한다. 실험적으로 건강한 개에 처음 한시간 동안에 体重과운드당 45ml나 되는 많은 양을 투여하여도 副作用이 없었다고 한다.

体液補充과 生体유지를 위한 필요한 輸液의 종류는 電解質과 酸塩基平衡상태에 따라 다르다. 만약 이들 電解質과 酸塩基 平衡異常에 대하여 알고 있다면 적당한 輸液의 선택은 비교적 쉽다. 그러나 실제 임상에서는 이들 함량을 때로는 알 수 없다. 이러한 예에서는 体液상실의 루트(例: 설사, 구토)와 疾患經過에 대한 지식을 기초로 하여 임상증상으로 판단하여서 보충해야 할 수액을 선택한다.

## 2. 輸液의 종류

### 1) 多이온용액(polyionic solution)

이들 용액은 細胞外液과 매우 유사한 농도로 다양한 電解質과 水分을 함유하고 있다. 유산링

거액(Lactated Ringer Solution)은 나트륨( $\text{Na}^+$ ), 염소( $\text{Cl}^-$ ), 칼슘( $\text{Ca}^{++}$ ), 그리고 칼륨이온( $\text{K}^+$ )이 정상혈장성분과 비슷한 생리적 농도로 함유되어 있고, 유산이 리터( $\ell$ )당 28mEq 포함되어 있다. 이 乳酸은 重炭酸이온( $\text{HCO}_3^-$ )으로 代謝된다.

유산링거액은 細胞外液의 상실을 보충하는데 가장 많이 사용되는 용액이다. 이 용액은 等張性이다(정상세포외액과 삼투적으로 균형을 유지함). 링거용액은 심한 구토에 의하여 일어나는 전신 알카리증의 脫水를 교정하는데 가장 유용하다. 또 필요할 때는 염화칼륨(KCl)과 같은 전해질을 이들 다 이온용액에 첨가하여 사용할 수 있다.

### 2) 생리식염수

이 용액은 염화나트륨( $\text{NaCl}$ )과 물을 함유한다. 0.9% 염화나트륨을 함유하는 등장성 생리식염수가 가장 많이 사용된다. 5% 염화나트륨을 함유하는 高張性 생리식염용액이 이용되기도 한다. 이 高張性 생리식염액은 주로 透析(dialysis)에 사용된다. 低張性인 0.45% 생리식염수도 이용된다. 이 용액은 過나트륨血症의 치료와 전해질은 상실되지 않고 대부분 수분만이 상실되는 탈수를 보충하기 위하여 사용된다.

### 3) 포도당용액

포도당과 물로 되어 있으며, 여러가지 농도가 있다. 等張性에 가깝고 가장 많이 사용되는 것은 5% 포도당액이다. 포도당은 탄산가스와 물로 쉽게 代謝되기 때문에 거의 물과(free water) 같다. 高張性인 20% 및 50% 포도당액은 低血糖症을 교정하기 위하여 비경구적인 영양공급으로 열량(calories)을 얻기 위하여 사용된다. 포도당 1g은 4 Kcal을 공급한다. 포도당액은 생리식염수, 다이온용액과 병합해서 사용할 수 있다. 이렇게 병합한 용액이 高張性일 때에는 靜脈으로 투여하여야 한다.

#### 4) 만니톨용액 (Mannitol solution)

만니톨과 물 10% 및 20% 농도로 되어 있는 용액이다. 이 용액은 高張性이므로 靜脈으로 투여하여야 한다. 이 용액은 利尿(diuresis)를 유발하기 위하여, 그리고 중추신경계의 浮腫(Edema)을 감소시키기 위해서 주로 사용된다.

#### 5) 아미노산용액

아미노산이 물에 3.5%, 5%, 7.5%, 8%, 그리고 10% 농도로 용해되어 있는 용액이다. 이들 용액은 비경구적 영양보급을 목적으로 사용된다. 대단히 高張性이므로 靜脈으로 천천히 주입하여야 한다. 가장 좋은 투여방법은 긴 정맥 유치카테터(indwelling catheter)를 큰 정맥에 삽입시켜 투여하는 것이다.

#### 6) 脂肪乳濁液 (Fat emulsion solution)

지방유타액은 지방산을 함유하며 10% 용액이 있다. 이 용액은 비경구적 영양보급 목적으로 사용되며 보통 아미노산액과 포도당과 병합해서 사용한다. 이 용액은 큰 정맥혈관으로 천천히 주입하여야 한다.

#### 7) 염화칼륨 (Potassium chloride)

이 전해질 용액은 1ml당 칼륨 2mEq 함유하는 20ml와 50ml앰플이 있다. 이 용액은 低칼륨血症때에 체액을 보충하기 위하여 사용된다. 칼륨은 1ℓ 당 10~60mEq 비율로 첨가되며, 한 시간에 체중 파운드당 0.25mEq보다 많이 빠른 속도로 투여되어서는 아니된다.

#### 8) 중탄산염 (Sodium bicarbonate)

1ml당 약 중탄산염 1mEq를 함유하는 100ml병과, 앰플로 공급되며, 酸症을 감소시키기 위하여 사용된다. 이 용액은 정맥으로 천천히 투여되어야 하며 다른 정맥투여 용액과 혼합하여 투여할 수 있다. 중탄산염은 칼슘을 함유하는 용액에 첨가할 때에는 용해되지 않는 탄산칼슘을 형성한다. 이러한 용액을 투여할 때에는 나트륨이온으로 환축에 과량투여하지 않도록

주의를 해야한다.

#### 9) 글루콘산칼슘 (Calcium gluconate)

이 용액은 10% 칼슘을 함유하는 앰플로 공급된다. 이 용액은 低칼슘성 테타니를 교정하기 위해서 정맥으로 투여한다. 그리고 心停止때에는 心臟内に 투여한다. 필요할 때는 低칼슘증에서는 다른 용액에 첨가하여 사용할 수 있다.

### 3. 電解質平衡

임상적으로 가장 중요한 전해질은 나트륨과 칼륨, 염소, 그리고 중탄산염 등이다. 나트륨과 칼륨은 보통 焰光光度計(flame photometer)로써 측정한다. 염광광도계는 비교적 비싸지만 사용방법은 간편하고 개체당 비용도 적다. 중탄산염과 염소는 옥스포드滴定計(Oxford Laboratories)로써 값싸게 측정할 수 있다. 이 기구는 칼슘과 마그네슘을 측정하는데에도 사용할 수 있다.

#### 1) 나트륨과 칼륨

정상 혈청나트륨 농도는 개는  $143 \pm 6 \text{ mEq/l}$  이고, 고양이는  $151 \pm 6 \text{ mEq/l}$  이다. 혈청나트륨 농도가 정상보다 낮을 때를 低나트륨血症(hyponatremia)이라고 부르며, 정상보다 높을 때를 過나트륨血症이라고 한다. 정상 칼륨농도는 개에서는  $4.4 \sim 5.7 \text{ mEq/l}$  이고, 고양이에서는  $4.0 \sim 5.0 \text{ mEq/l}$  이다. 이들 농도도 정상보다 높으면 過칼륨血症이라고 하고, 정상보다 낮으면 低칼륨血症이라고 한다.

低나트륨血症은 다량의 수분을 섭취하기는 하지만 구토나 설사로 수분과 전해질을 상실하며 식욕이 좋지 않은 환축에서 나타난다. 低나트륨血症은 아디슨병(Addison)을 앓는 환축에서는 高칼륨血症과 병발하여 나타난다. 많은 임상가들은 나트륨과 칼륨의 비율이 23:1 또는 그 이하일 때는 Addison병으로 진단한다. 低나트륨血症은 울혈성 心不全症(Congestive heart failure) 환축을 利尿요법으로 치료할 때

나, 塩分이 적은 사료를 급여할 때에 일어난다. 低나트륨血症은 0.9% 생리식염수로 교정한다. 高張性 생리식염수는 나트륨 수준을 세밀히 모니터 할 수 있는 병원에서 重症환측에만 사용 하여야 한다.

過나트륨血症은 嘔吐, 熱 그리고 換氣가 지나칠때의 탈수상태에서 일어난다. 또 심한 外因性 攝取(塩中毒), 水分制限, 특히 糖尿病등으로 인한 脫水때에도 일어난다. 過나트륨血症은 細胞內脫水를 뜻하며, 때로는 低칼륨血症과 관계가 있다. 低칼륨血症은 過나트륨血症일때 보다 生命에 위험이 크다. 過나트륨血症은 증류수를 정맥으로 투여하여 교정한다.

低칼륨血症 動物에 포도당 용액을 투여하면 칼륨이 체세포속으로 이동하는 것을 조정하여 細胞外 칼륨水準을 더욱 감소시킨다. 그러므로 만약 칼륨농도가 정상이 아니면 포도당액을 주사하면 안된다. 脫水된 患畜은 過나트륨血症인지를 추정할 수 없다. 만약 脫水된 患畜이 低나트륨血症이거나 혹은 低칼륨血症일 때에는 포도당을 투여하면 水中毒을 일으키고 低칼륨血症이 더욱 심하게 된다. 만약 電解質水準을 알지 못하면 탈수된 동물에 포도당을 투여하는 것은 일반적으로 위험성이 있다.

嘔吐, 泄瀉가 있거나, 糖尿病性케톤산증, 호흡성산증이 있을 때, 利尿치료시에 低칼륨血症이 일어난다. 체내 총칼륨농도의 측정은 대략적인 지침으로만 사용할 수 있다. 低칼륨血症은 低血壓을 일으키고, 근육내에 칼륨결핍이 일어나서 허약체질이 된다.

칼륨결핍에는 염화칼륨을 1ℓ 당 10~60mEq를 첨가한 유산링거액을 투여하여 회복시킨다. 이때 한시간에 체중 파운드당 칼륨 0.25mEq 이하가 투여되도록 하여야 한다. 만약 동물이 嘔吐하지 않으면 經口的으로 칼륨을 보충할 수 있다. 그러나 口腔으로 투여하면 小腸에서 급히 그리고 완전하게 흡수되기 때문에 過量투여 되지 않도록 주의해야 한다. 혈청칼륨은 염광광도계로써 정확하게 모니터할 수 있으며 心電計

로서 過칼륨혈증의 증후를 관찰함으로써 대략 모니터할 수 있다(T波의 振幅이 점진적으로 증가한다).

過칼륨血症은 腎不全(Renal failure), 酸症, 低나트륨食餌, 아디손병, 尿道閉鎖, 그리고 심한 外因性 攝取등에 의하여 일어난다. 過칼륨血症의 위험한 예는 뇨도가 폐쇄되어 있는 숫고양이의 반혼수성탈수이다. 1ℓ 당 8mEq 칼륨농도 혹은 그 이상은 生命을 위협하는 心不整脈(Cardiac arhythmios)을 일으킨다.

過칼륨血症을 치료하는데 가장 중요한 것은 腎臟機能 정도와 尿路閉鎖 정도이다. 만약 신장기능이 정상이면 過칼륨血症은 세포내로의 이동과 利尿를 증진시키기 위해 정맥으로 5%포도당을 투여함으로써 치료할 수 있다. 중탄산염도 칼륨이 세포내로 이동하는 것을 증진시키고, 칼륨이온은 수소이온으로 교환하여 신장으로 배설되게 한다.

심한 過칼륨血症에서 신장기능이 칼륨 농도를 감소시킬 수 없을 때에는 중탄산염 40~50mEq와 인슐린 10단위를 0.9% 생리식염액에 5% 또는 10%로 만든 포도당액 1ℓ 에 첨가하면 가능한 많은 양의 칼륨을 세포내로 이동시키고 細胞外水準을 감소시킨다. 過칼륨血症의 心臟에 대한 毒作用(cardiotoxic effects)은 처음에는 체중 파운드당 10mg의 글루콘산칼슘을 정맥으로 투여하고, 그 다음 心電圖를 모니터로해서 투여하므로 치료할 수 있다. 이러한 처치는 細胞外液에 있는 칼륨량을 감소하지 못하므로 그 치료는 다만 일시적이다.

#### 4. 酸·塩基平衡

체내에서 塩素, 重炭酸, 水素 이온등과 탄산가스는 서로 밀접하게 조절되고 있다. 이들은 酸塩基平衡을 이루고, 총체적으로 pH로 측정된다.

건강한 개의 혈청염소농도는 100~115mEq/ℓ 이고, 정상 고양이의 혈청염소농도는 110~120mEq/ℓ 이다. 개와 고양이의 중탄산염 수준은

17~24mEq/l 이다. 塩素含量的의 변화는 나트륨 함량의 변화후에 일어난다.

이는 陰電荷를 띤 염소이온은 陽電荷를 띤 나트륨이온에 의하여 일어나는 전기변화도(electrical gradient)에 따라서 수동적으로 配電하기 때문이다. 嘔吐 및 尿酸의 과량상실로 인한 低염소血症과 重碳酸이온의 상실이 심하며 염소이온이 陽이온-陰이온 평형이나, 전기적 중성을 유지하기 위해 증가되는 중증의 설사와 같은 상태에서 일어나는 過염소성대사성 산증등은 예외이다.

### 1) 酸度 (pH)

개와 고양이의 정상 pH는  $7.40 \pm 0.05$ 이다. pH가 7.35보다 적을때는 酸症이고, 7.45이상일때는 알카리증이다. pH가 7.20과 7.60사이에 변이하는 것은 pH조절을 위한 특별한 치료를 해야할 정도의 경고할만한 위험이 있는 것으로 간주되지는 않는다. 치료는 산·염기-불균형을 일으키는 원발성질환에 대해서 필요하다. 그러나 範疇밖에 벗어나 있는 pH는 위험하므로 산성화시키거나 알카리화 시키는 제제가 필요하다. pH가 6.80이하일때와 7.80 이상일때는 일반적으로 죽음에 이른다.

혈액 pH는 pH측정기나 pH와 혈액가스분석기 (Instrumentation Laboratories)로써 측정할 수 있다. 이 기기는 값이 비싸고 복잡하다. 그러므로 보통으로 큰 수의과병원이나, 특히 신중한 주의가 강조되는 임상예에서만 실시하고 있다. 혈액가스 분석은 즉각적으로 적절한 치료를 시작할 수 있도록 빨리 측정해야 한다. 동물에서 산·염기평형을 평가하는 다른 방법은 임상적인 평가와 중탄산염의 측정에 의한 평가이다.

임상적인 평가는 임상가에게 매우 중요하다. 酸症은 어떤 종류의 질병이 있을때 일어나며, 알카리증은 어떤 질병이 있을때 일어나는가를 알면 도움이 된다. 嘔吐가 있는 胃腸炎은 보통 塩·酸의 대량상실에 기인한 代謝性 알카리증을 일

으키고, 泄瀉를 동반하는 胃腸炎은 중탄산이온의 대량상실에 기인하는 代謝性酸症을 일으킨다. 만약 嘔吐와 泄瀉가 동시에 일어나면 이들은 서로 중화하는 경향이 있어 결과적으로 산·염기, 체액구성 성분이 같은 양으로 상실된다. 外傷性, 乏血性, 또는 內毒素性으로 일어나는 쇼크는 보통 酸症이다. 실험적으로 쇼크상태의 개에 pH를 7.8로 조절하지 않은 ACD저장혈액을 투여하였을때 치사율이 매우 높았다. 신장질환이 있는 동물에서는 신장이 대사과정에서 생산된 酸性生産物을 제거하지 못하여 일반적으로 代謝性酸症이 일어난다. 그러나 신장질환이 있는 동물이 심한 구토를 했다면, 알카리증도 일어난다.

폐에서 가스교환이 억제되고 탄산가스 排出이 방해되는 肺炎과 같은 호흡기 질환에서는 전형적으로 呼吸性酸症이 일어난다. 가스교환이 심한 경우(예: 신경질, 지나친 흥분, 열소모)에는 탄산가스를 대량상실하여 결과적으로 호흡성 알카리증이 된다.

代謝性酸症은 수의임상에서 산·염기 불균형 가운데 가장 많이 일어난다. 대사성 산증은 중탄산염이나 유산을 첨가한 輸液을 정맥으로 투여함으로써 치료한다. 중탄산염과 유산의 mEq力働는 거의 같다. 그러나 유산은 사용되기전에 대사되어야 한다. 대사성 산증을 일으키는 질환을 치료할 때에는 산·염기평형에 대한 정확한 데이터가 없으면 소량의 중탄산염(체중 파운드당 0.5mEq)을 천천히 정맥주사하면 유효하다.

알카리증을 치료할 때에는 酸性化시키는 塩(예: 0.9% 생리식염수, 또는 링거용액)으로 체액을 보충하면 산·염기 불균형은 교정된다. 유문부협착(pyloric stenosis)이 있는 개가 심한 구토를 할때 일어나는 것과 같은 重症의 알카리증에는 1 파운드당 1mEq의 염화암모늄을 정맥으로 투여하면 유문부폐쇄가 해제될때까지 심한 산·염기불균형을 조절하는데 도움이 된다.

중탄산염의 농도는 비교적 값이 비싸지 않은  
 滴定器 (Oxford Titrator-Oxford Laboratorie-  
 s)로써 쉽게 측정할 수 있다. 이 기기는 既和  
 의 酸量에 대해 중탄산염을 적정함으로써 혈장  
 중탄산함량을 측정하는 것이다. 가장 정상적인  
 중탄산염의 혈중농도는 24mEq/l 이며 중탄산  
 결핍은 다음식으로 계산할 수 있다.

$$\text{체중 (kg)} \times 0.6 \times (24 - \text{환측의 중탄산염함량}) \\ = \text{총 중탄산결손량 (mEq)}$$

이 결핍량은 중탄산염을 정맥이나 복강으로  
 주사함으로써 보충할 수 있다. 중탄산염 1g은 12m  
 Eq와 같다. 대부분 시판되고 있는 중탄산염용액은  
 1ml에 약 1mEq의 중탄산염이 함유되어 있다.

[참고] : mg/dl를 mEq/l 로 고치는 방법:

나트륨 (Sodium)	: mg/dl ÷ 2.3 = mEq/l
칼륨 (Potassium)	: mg/dl ÷ 3.9 = mEq/l
칼슘 (Calcium)	: mg/dl ÷ 2.0 = mEq/l

마그네슘 (Magnesium)	: mg/dl ÷ 1.2 = mEq/l
염소 (Chloride)	: mg/dl ÷ 3.5 = mEq/l
Total CO <sub>2</sub>	: Vol % ÷ 2.2 = mEq/l
인 (Phosphorus)	: mg/dl ÷ 1.0 = mEq/l
유황 (Sulfate)	: mg/dl ÷ 1.6 = mEq/l
단백질 (Protein)	: gm/dl ÷ 0.4 = mEq/l

#### 《参考文献》

1. Cornelius, *et al.*: physiologic effects of rapid infusion of Ringer's lactate solution into dogs. Am. J. Vet. Res. 39:1185~1190, 1978.
2. Goldston, *et al.*: The clinical pathology laboratory: 26 -Management of gastrointestinal problems. VM/SAC 77(2):17 -173, 1982.
3. Sattler, *et al.*: Veterinary critical care. Lea & Febiger, Philadelphia PA., 1981.

(本文은 Goldston *et al.*: Water, Electrolyte, and Acid Base Balance. VM/SAC 78:31-35, 1983.에서 간추렸음)