

탈수 환아에서 정맥 및 경구 수액 요법

가톨릭 의대 소아과 김동연

소아가 설사, 구토, 기아, 발열 등으로 탈수되었을 때 적절한 수액 보충은 모든 치료에 우선한다. 수액요법은 의학 지식의 가장 기본적인 항목임에도 불구하고 대부분의 의사들이 확실한 근거를 갖고 자신 있게 수액 처방을 하고 있지는 못한 실정이다. 수액 요법의 가장 중요한 개념은 얼마만큼의 물과 얼마만큼의 Na를 주어야 하는가 하는 것이다. 즉, Na가 얼마만큼 포함된 용액을 얼마만큼 주어야 하는가 하는 것이다. 본 글에서는 탈수의 정도와 혈장 Na 농도에 근거하여 보충해 주어야 할 물과 Na의 양이 얼마인지를 판단하고 그에 따른 수액의 선택과 투여 방법에 대하여 기술하도록 하겠다.

I. 기초 지식

1. 체내 수분 분포

성인 남자에 있어서 체내 총수분량(total body water, TBW)은 몸무게의 60% 정도이다. 세분하면 40%는 세포내액(ICF)이고 15%는 간질액(interstitial fluid)이고 5%는 혈장(plasma)이다. 간질액과 혈장을 합친 20%가 세포외액(ECF)이다.

소아에 있어서는 연령에 따라 그 비율이 틀리는데 특히 영아 초기에는 체내 총수분량(TBW)이 체중에서 차지하는 비율이 크며, 특히 ECF의 비중이 크다. 출생 직후에는 TBW가 체중의 75%나 되고 ECF가 40%로 ICF(35%)보다 많다. 출생 직후 이뇨가 일어나고 그 이후 세포수가 계속 증가하고, 근육의 성장에 비하여 결체조직의 성장이 상대적으로 적어 ECF의 비율은 점점 감소하여 대략 1 세경에 성인과 비슷한 구성을 갖게 된다(1).

2. 세포외액(ECF)의 구성성분과 삼투질농도(osmolality)

세포외액은 혈장과 간질액을 합친 것을 말하며 분자량이 작은 물질은 내피세포의 연결부를 통해 혈관 내부와 간질을 자유롭게 왕래할 수 있다. 따라서 혈장과 간질의 전해질 농도는 거의 비슷하다. 약간 다른 점이 있다면 음이온의 일부를 구성하고 있는 단백질은 분자량이 큰 관계로 혈관벽을 자유롭게 통과할 수 없고 혈장에 더 많이 존재하기 때문에 결과적으로 나머지 자유롭게 확산되는 이온들도 혈장과 간질액 사이에 약간의 차이를 보이게 된다(Gibbs-Donnan effect). 그러나 혈장과 사이질액의 전해질 구성 성분은 일단 같다고 생각하는 것이 편리하다. 반면에 세포내액(ICF)은 전혀 다른 구성 성분을 갖고 있다.

삼투질농도(osmolality)라고 하는 것은 용액 1 L안에 들어 있는 모든 입자의 수를 말한다. 세포외액을 구성하고 있는 용질의 대부분은 Na^+ 와 그에 상응하는 음이온(Cl^- , HCO_3^-)이다. 따라서 세포외액(또는 혈장)의 삼투질농도는 대략 $(2 \times \text{Na})$ 이다.

II. 정맥내 수액요법

1. 수액(Fluid)의 종류

- 1) 생리식염수(0.9% NaCl) = $0.9\text{g/dL} = 9\text{g/L} = 9/58.5\text{mol/L} = 154\text{mmol(mEq)/L} = 308\text{mOsm/L}$
- 2) 5% 포도당 용액 = $\text{glucose } 5\text{g/dL} = 50\text{g/L} = 50/180\text{mol/L} = 277\text{mmol/L} = 277\text{mOsm/L}$
- 3) 1:1 용액 1 L = (생리식염수 500mL + 5% 포도당용액 500mL),
[Na]=77mEq/L 삼투질농도 = $308 \times 1/2 + 277 \times 1/2 = 293\text{mOsm/L}$
- 4) 1:2 용액 1 L = (생리식염수 333mL + 5% 포도당용액 666mL)
[Na]≈50mEq/L 삼투질농도 = $308 \times 1/3 + 277 \times 2/3 = 287\text{mOsm/L}$
- 5) 1:4 용액 1 L = (생리식염수 200mL + 5% 포도당용액 800mL)
[Na]≈30mEq/L 삼투질농도 = $308 \times 1/5 + 277 \times 4/5 = 283\text{mOsm/L}$

위 5가지 용액은 모두 삼투질농도가 283~308mOsm/L 정도로서 혈장의 삼투질농도와 비슷한 등장성 용액이다. 대량의 용액을 투여할 때는 혈장의 삼투압과 비슷한 삼투압을 가진 등장성 용액을 써야 한다. 만약 200 mOsm/L 이하의 저장성 용액을 빠른 속도로 대량 투여하면 용혈(hemolysis)이 일어난다는 것을 염두에 두어야 한다.

그리고 금식 상태에서 수액만 줄 경우 단백질 이화(catabolism)를 막기 위하여 5% 포도당이 첨가되어야 한다. 따라서 5% 포도당 용액 1 L에 NaCl 80 mEq를 섞거나 5% 포도당 용액 1 L에 NaCl 50 mEq를 섞음으로서 각각 1:1 용액이나 1:2 용액과 비슷한 성분의 용액을 만들어 사용할 수 있다.

2. 유지량(maintenance)

우리가 만약 하루 동안 아무 것도 섭취하지 않는다면 강제적 수분 소실(obligatory water loss)이 있기 때문에 체중이 감소하게 된다. 강제적 수분 소실이란 우리 몸이 살아서 숨 쉬는 한 폐와 피부를 통한 불감소실(insensible loss)과 대사 결과 발생한 대사노폐물을 콩팥을 통해 소변으로 배설할 때 용매로 쓰이게 되는 물을 말한다. 사람의 소변 농축 능력은 1,200 mOsm/L이므로 하루에 1,200 mOsm의 용질을 소변으로 배설하는 사람은 최소 물 1 L를 소변으로 강제적으로 소실하게 된다.

활동량이 증가하면 불감소실이 많아지고 대사노폐물이 많아지므로 소변량도 증가한다. 따라서 우리 몸의 수분 요구량은 대사율과 직접적인 관계가 있다(2). 100 Cal당 100 mL가 필요하다. 즉 하루 1,000 Cal를 소모하는 사람은 1,000 mL, 2,000 Cal를 소모하는 사람은 2,000 mL, 3,000 Cal를 소모하는 사람은 3,000 mL가 필요하다(Table 1).

한편 불감소실은 맹물이지만 소변, 대변, 땀 등에는 Na, K 등의 전해질이 포함되어 있다. 그러므로 수분이 소실될 때 3 mEq/100mL의 Na와 2 mEq/100mL의 K가 같이 소실된다. 따라서 유지용액(maintenance solution)으로 가장 적합한 것은 30 mEq/L 정도의 Na와 20 mEq/L 정도의 K를 포함한 용액이다. 그러나 이것은 편안한 상태에서의 유지량이며 급

성 질환을 앓고 있는 경우 스트레스로 인한 혈중 바소프레신의 증가로 인해 너무 저장성 용액을 줄 경우 저나트륨혈증이 발생할 수 있다. 따라서 급성 질환을 앓고 있는 환자의 경우 유지용액의 Na 농도를 최소한 1/2 생리식염수 수준(80 mEq/L)으로 높여야 한다는 의견도 있다(3, 4).

영유아는 단위 체중 당 대사율이 높다. 따라서 체중 증가에 따른 칼로리 소모량의 증가는 직선 그래프가 아닌 제곱근 그래프의 형태를 보이므로 체중 증가에 따른 칼로리 소비량과 물 요구량은 Table 2와 같다. 체중 증가에 따른 체표면적의 증가도 제곱근 그래프의 형태를 보이므로 체표면적을 이용하여 우리 몸의 물 및 전해질 요구량을 산출할 수도 있다. 이 방법에 의하면 물은 1,500 mL/m², Na는 50 mEq/m², K는 30 mEq/m²가 필요하다.

Table1. Metabolism and Maintenance Fluid

Route	mL/100 Cal metabolized energy
Insensible	
Skin	-30
Lung	-15
Renal(=urine)	-55
Gastrointestinal	-10
Water of oxidation	+10
Total	-100

Table 2. Daily Caloric Expenditure & Water Requirement

Body Weight	Daily caloric expenditure	Daily water Requirement
<10 kg	100 Cal/kg	100 mL/kg
11-20 kg	1,000 Cal + 50 Cal/kg	1,000 mL + 50 mL/kg
>20 kg	1,500 Cal + 20 Cal/kg	1,500 mL + 20 mL/kg

3. 탈수의 정도에 근거한 물 소실량의 판단

탈수 환자의 원래 체중에서 내원시의 체중을 뺀 것이 소실한 물의 양이다. 예를 들어 체중이 1 kg이 줄어들었다면 1 L의 물을 소실한 것이다. 그러나 원래 체중을 정확히 알 수 없는 경우가 많으므로 탈수의 정도에 근거하여 소실된 물의 양을 판단한다. 체중의 3%(영아는 5%) 정도를 소실하였을 경우 경증 탈수, 3~6%(영아는 5~10%) 정도를 소실하였을 경

우 중등도 탈수, 6~10%(영아는 10~15%) 정도를 소실하였을 경우 중증 탈수로 정의하며 환아가 경증인지, 중등도인지, 중증인지는 임상 증상으로 판단 한다(Table 3). 중증 탈수가 되면 대천문이 꺼지고 점막은 바짝 마르며 모세혈관 재충전 시간이 4초 이상으로 늘어난다 (5). 혈압이 떨어지고 심박수가 증가하고 소변이 나오지 않는다. 중증 탈수가 지속되면 혈액의 신관류가 감소하여 콩팥이 허혈성 손상을 입어 급성 세뇨관 괴사(acute tubular necrosis)가 올 수 있다. 따라서 콩팥이 제 기능을 하고 있는지 아니면 급성 세뇨관 괴사가 왔는지는 일차적으로 소변 검사를 하여 판단한다. 소변 비중이 최소 1.020 이상으로 농축되어 있으면 탈수에 대한 정상적인 반응을 의미하므로 신기능은 정상으로 판단할 수 있다. 그 외에 혈청 크레아티닌 치에 비하여 BUN이 현저하게 상승한 것(BUN/Cr>20)도 신기능이 정상임을 의미한다.

Table 3. Estimation of the Severity of Dehydration

	Mild	Moderate	Severe
Weight(water) Loss			
infant	5%(50 mL/kg)	10%(100 mL/kg)	15%(150 mL/kg)
children	3%(30 mL/kg)	6%(60 mL/kg)	>9%(>90 mL/kg)
Pulse	Normal	Tachycardia	Tachycardia
Capillary refill	<2sec	2-4sec	>4sec
Anterior fontanelle	Normal	Normal	Sunken
Tears	Present	Decreased	Absent
Mucous membrane	Normal	Dry	Parched
Urine specific gravity	>1.020	>1.020	oliguria or anuria
Blood Pressure	Normal	Normal	orthostatic to shock

4. 혈장 Na 농도에 근거한 Na 소실량의 판단

탈수 환자의 혈장 Na 농도에 따라 등장성(isotonic), 저장성(hypotonic), 고장성(hypertonic) 탈수로 구분한다. 이는 소실한 체액의 Na 농도에 의해 결정된다. 소실한 체액의 Na 농도가 ECF의 Na 농도와 같으면 혈청 Na 농도는 정상(130~150 mEq/L)을 유지할 것이고(등장성 탈수), ECF의 Na 농도보다 높으면 혈청 Na 농도는 130 mEq/L 이하로 감소할 것이고(저장성 탈수), ECF의 Na 농도보다 낮으면 혈청 Na 농도는 150 mEq/L 이상으로 증가할 것이다(고장성 탈수). 혈액화학검사(Blood Chemistry)를 할 수 없는 경우라면 임상 증상과 이학적 소견으로 판단해야 하는데 쉬운 일은 아니다(Table 4).

등장성 탈수라는 것은 탈수 환자의 혈청 Na 농도가 정상(130~150 mEq/L)를 유지하고 있는 경우를 말한다. 예를 들어 구토, 설사로 체중이 1 kg이 줄어든 환자의 혈청 Na 농도가 140 mEq/L라면 1 L의 등장성 탈수이다. 이는 물 1 L와 Na 140 mEq가 동시에 소실된 것을 의미하므로 교정은 간단히 생각해서 (5% 포도당 용액 1 L + 140 mEq NaCl)를 주면 된다. 그러나 엄밀하게 따지면 물 1 L는 틀림없이 체외로 소실되었으나(체중이 1 kg 줄었

으므로), Na 140 mEq는 모두 체외로 소실된 것은 아니다. 우리 몸에 탈수가 일어나면 레닌-안지오텐신-알도스테론 계가 활성화 되면서 집합관에서 Na를 최대한 재흡수하면서 대신 K를 배설한다. 10 kg 소아의 경우 ECF의 K 농도를 4 mEq/L라고 하면, ECF의 양이 2~2.5 L이므로 ECF의 총 K의 양은 8~10 mEq에 불과하다. 레닌-안지오텐신-알도스테론 계 활성화에 의해 재흡수되고 배설되는 Na와 K의 양은 체중이 10 kg인 소아라고 해도 수십 mEq에 달한다. 따라서 K는 ICF에서 ECF로 빠져나온 후 체외로 소실되며 대신에 Na가 세포 내로 들어간다. 그러므로 1 L의 등장성 탈수 시 ECF에서 사라진 140 mEq의 Na중 약 1/2 ~ 2/3는 체외로 소실되었고 나머지는 세포내로 들어가면서 대신 K가 체외로 소실된 것이다. 정리하면 1 L의 등장성 탈수가 있을 때 실제로 소실된 Na는 140 mEq가 아니고 100 mEq 이하이다. 그리고 대신에 K가 50 mEq 이상 소실된다.

Table 4. Clinical Manifestations of Dehydration with respect to Plasma Na concentration

	isonatremic dehydration	hyponatremic dehydration	hypernatremic dehydration
Plasma Na	130-150	<130	>150
History	diarrhea, vomiting intestinal fistula	Adrenal insufficiency fasting with water intake cerebral salt wasting	high salt fluid intake Neonate with immature renal function
Skin Temp	Cold	Cold	Cold or warm
Skin Turgor	Poor	Very Poor	Fair
Skin feeling	Dry	Clammy	Doughy
General Appearance	Apathetic	Apathetic	Excited
Pulse	Rapid	Rapid, shallow	Rapid but not shallow
Blood Pressure	Decreased	Severly decreased	Normal or sl.decreased

5. 초기 급속 수액요법

탈수의 종류에 따라 같은 1 L의 체액을 소실(체중이 1 kg 감소)하였다더라도 ECF 양의 감소는 다르다. 저장성 탈수의 경우에는 ECF로부터 ICF로 물이 이동하므로 ECF의 감소가 가장 크다. 반면에 고장성 탈수의 경우에는 ICF에서 ECF로 물이 이동하므로 등장성 탈수나 저장성 탈수에 비하여 ECF가 비교적 잘 보존된다. 따라서 고장성 탈수의 초기에는 혈압과 소변량이 유지되지만, 탈수 증상이 나타나기 시작했을 때 총체액량은 더 심각한 소실 상태가 된다.

초기 급속 수액요법이란 탈수의 종류(혈장 Na 농도)에 관계없이 중증 탈수 시에 순환 부전과 신기능을 빨리 회복시키기 위해 혈장의 Na 농도와 비슷한 Na 농도를 가진 용액을 빠른 속도로 정맥내로 주사하여 ECF를 증가시키는데 목적이 있다(6, 7). 초기 급속 수액 요법에 시행하는 수액에는 K는 포함되지 않아야 하며, 일반적으로 생리식염수 20 mL/kg를 30 분 내에 주사한다. 생리식염수 대신 5% 포도당 용액 1 L에 NaCl 130~150 mEq를 섞

어서 주사할 수도 있으며 순환 부전이 회복되지 않으면 다시 한 번 반복 시행한다.

6. 실전 문제

수액요법에서 가장 중요한 개념은 얼마만큼의 물과 얼마만큼의 Na를 주어야 하는가 하는 문제이다. 다시 말해 Na가 얼마만큼 포함된 용액을 얼마만큼 주는가 하는 문제이다.

문제 1) 출혈로 인해 혈장을 1 L 소실하였다. 생리식염수 (Na=154mEq/L), 1:1 용액(Na≒80 mEq/L), 1:2 용액(Na≒50 mEq/L), 1:4 용액(Na≒30 mEq/L), 5% 포도당 용액(Na=0 mEq/L)중에서 어느 용액을 주어야 하는가?

힌트) 소실된 체액과 같은 성분을 가진 용액을 보충해 주어야 한다.

풀이) 혈장 1 L에는 Na가 140 mEq정도 포함되어 있으므로 5가지 용액 중에서 생리 식염수가 가장 가깝다. Hartman 용액(Ringer's lactate)에는 130 mEq/L의 Na가 포함되어 있으므로 Hartman 용액도 적합한 용액이다.

문제 2) 땀을 1 L 흘린 후 탈진되었다. 생리식염수, 1:1 용액, 1:2 용액, 1:4 용액, 5% 포도당 용액 중에서 어느 용액을 주어야 하는가?

힌트) 땀 1 L에 들어있는 Na 농도를 알아야 한다.

풀이) 땀 1 L에는 Na가 20~30 mEq 정도가 포함되어 있으므로 1:4 용액이 가장 가깝다.

문제 3) 평소 체중이 30 kg(1 m²)이던 소아가 3일간의 심한 구토, 설사로 27 kg이 되어 응급실로 내원하였다. 혈청 BUN은 55 mg/dL, Cr 1.2 mg/dL, Na는 130 mEq/L이었고 소변 비중은 1.030이었다. 첫 24시간 동안 주어야 할 용액은?

힌트1) 구토, 설사로 소실한 체액 3 L에 들어있는 Na 농도를 알아야 한다.

힌트2) 소실한 체액의 Na 농도는 혈청 Na 농도를 보고 알 수 있다.

풀이) 체중이 10% 감소하였으므로 중증 탈수이다. BUN의 상승에 비하여 Cr의 상승은 현저하지 않으며 소변이 심하게 농축된 것으로 보아 신기능은 정상으로 생각된다. 24시간 동안 주어야할 양은 유지량 1.5 L와 소실량 3 L를 합쳐서 총 4.5 L이다. 유지량 1.5 L는 5% 포도당 용액 1리터에 Na 30 mEq/L, K 20 mEq/L 를 섞어서 1.5 L를 준다.

그런데 소실된 체액 3 L는 어떤 용액으로 보충해 주어야 할까? 이 경우는 혈장 Na 농도가 130 mEq/L로 정상범위(130~150 mEq/L)를 유지하고 있으므로 소실된 체액 3 L의 Na 농도는 대략 혈장의 Na농도와 비슷할 것으로 생각할 수 있다. 그러므로 130~150 mEq/L의 Na를 포함하고 있는 isonatremic fluid를 주면 된다.

<등장성 탈수(isonatremic dehydration)에 대한 보충 설명>

등장성 탈수 1 L라는 것은 물 1 L와 함께 Na 130~150mEq가 동시에 소실된 것을 말한다. 그러나 앞에서 언급한 대로 1 L의 등장성 탈수가 있을 때 실제로 소실된 Na는 140 mEq가 아니고 80~90 mEq 정도이다. 그리고 대신에 K가 50~60 mEq 정도 소실된다.

따라서 이 환자에게 필요한 물과 전해질은,

유지량: 물 = 1.5 L, Na ≃ 50 mEq, K ≃ 30 mEq

소실량: 물 = 3 L, Na ≃ 250 mEq, K ≃ 170 mEq

도합, 물 = 4.5 L, Na ≃ 300 mEq, K ≃ 200 mEq 를 다음과 같은 방법으로 준다.

<중증 등장성 탈수 치료의 3단계>

1) 첫 1-2 시간 동안 급속 수액요법: 생리식염수 500 mL Na=77 mEq, K=0 mEq

2) 다음 12시간 동안

(5% 포도당용액 1L + NaCl 80mEq + KCl 20mEq) 2 L Na=160mEq, K=40 mEq

3) 다음 12시간 동안

(5% 포도당용액 1L + NaCl 40mEq + KCl 20mEq) 2 L Na=80 mEq, K=40 mEq

참고1) K의 투여 농도는 최대 40 mEq/L이고, 투여속도는 20 mEq/hr 이하로 해야 한다. 따라서 안전을 고려하여 수액의 K 농도는 20 mEq/L 정도로 하는 것이 보통이다. 이러한 제한 때문에 물과 Na 소실은 24시간 내에 교정이 가능하지만, K 소실의 교정은 수일이 걸린다.

참고2) 산증(acidosis)이 동반되어 있는 탈수의 경우 용액에서 Cl⁻은 줄이고 대신 HCO₃⁻를 주어야 한다. 예를 들어 환자에게 50mEq의 HCO₃⁻를 투여해야 한다면 용액에서 NaCl 50 mEq를 줄이고 대신에 NaHCO₃ 50 mEq를 섞어준다.

문제 4) 평소 체중이 30 kg(1m²)인 소아가 3일간의 심한 구토, 설사 후에 경련을 일으켜서 응급실로 내원하였다. 환자의 체중은 27 kg이었고 혈청 BUN은 55 mg/dL, Cr 1.2 mg/dL, Na는 115 mEq/L이었고 소변 비중은 1.030이었다.

풀이) 저장성 탈수는 소실액의 Na 농도가 혈장의 Na 농도보다 높은 경우 일어날 수 있지만 실제로 이런 경우는 드물며, 대부분 탈수에 반응하여 Na 농도가 매우 낮은 저장성 용액을 섭취함으로써 발생한다. 저나트륨혈증이 있으면 ECF가 ICF로 이동하므로 세포 팽창이 일어난다. 대부분의 조직에서 세포 팽창이 큰 문제가 아니지만 뇌의 경우 두개골이라는 한정된 공간 안에 들어 있으므로 뇌세포의 팽창은 두개내압을 상승시켜서 경련, 혼수 등의 신경학적 증상을 일으킨다(8). 이 환자에서 경련의 원인이 급성 저나트륨혈증에 의한 뇌부종 때문으로 생각되므로 우선 혈청 Na 농도를 급히 125 mEq/L까지 올려야 한다. 현재 떨어져 있는 Na 농도를 원하는 Na 농도로 올리는데 필요한 Na의 양은 다음 공식으로 구한다.

$$\text{Na deficit} = (\text{desired [Na]} - \text{current [Na]}) \times \text{Body weight} \times 0.6$$

이 환자의 경우 $(125-115) \times 30 \text{ kg} \times 0.6 = 180 \text{ mEq}$ (3% NaCl로 350 mL)를 투여하여 혈청 Na농도를 125 mEq/L로 높이면 대략 등장성 탈수(Na =130mEq/L)와 비슷한 상태가 되므로, 그 다음부터는 문제 3과 똑같이 치료하면 된다.

참고1) 0.9% NaCl 1 L가 154 mEq이므로 3% NaCl 1 L는 513 mEq의 Na를 포함한다. 그러므로 Na 180 mEq는 3% NaCl로 350 mL가 된다.

참고2) 만성 저나트륨혈증(chronic hyponatremia)시에는 혈청 Na 농도가 115 mEq/L 이하로 떨어져도 경련 등의 증상이 없는 경우가 많다. 이 경우에는 교정을 급속히 해주지 않는다. 너무 빨리 교정하면 central pontine myelinolysis가 발생할 수 있다(9).

문제 5) 평소 체중이 30 kg(1m²)인 소아가 3일간의 심한 구토, 설사후에 27 kg(10% 탈수)이 되어 응급실로 내원하였다. 혈청 BUN은 55 mg/dL, Cr 1.2 mg/dL, Na는 170 mEq/L이었고 요비중은 1.030이었다.

풀이) 현재 높아져 있는 Na 농도를 원하는 Na 농도로 내리는데 필요한 물의 양은 다음 공식으로 구한다.

$$\text{Water deficit} = \text{Body weight} \times 0.6 \times (1 - \text{desired [Na]} / \text{current [Na]})$$

이 환자의 경우 $30 \times 0.6 \times (1 - 150/170) \approx 2$ L이다. 이 환자에게 2 L의 맹물(free water)을 주면 몸무게는 29 kg이 되고 혈청 Na 농도는 150 mEq/L 가 되므로 소실량이 1 L인 등장성 탈수가 된다. 그런데 고장성 탈수 시 뇌 세포 내에는 세포의 위축을 막기 위하여 스스로 만들어 낸 삼투질(idiogenic osmolyte)로 인해 삼투질농도가 같이 증가되어 있으므로, ECF의 삼투질농도가 너무 빨리 떨어지면 ICF로 물이 빨려 들어가 뇌부종이 발생할 수 있다(10). 하루에 Na 농도를 10 mEq/L 정도로 떨어뜨리는 것이 바람직하다.

따라서 이틀에 걸쳐서 주어야 할 용액은

2 L의 free water

1 L의 등장성 용액 (Na \approx 80~90mEq/L, K \approx 50~60mEq/L)

3 L의 유지 용액 (Na \approx 30mEq/L, K \approx 20mEq/L)

도합, 물 6 L, Na \approx 180 mEq, K \approx 100 mEq

(5% 포도당 용액 1 L + NaCl 40 mEq/L + KCl 20 mEq) 6 L를 2일에 걸쳐서 준다.

참고1) 탈수가 심할 경우에는 초기 급속 수액요법(initial hydration)으로 isonatremic fluid 20 mL/kg를 주고 상기 치료를 시작한다. 혈장 Na 농도가 너무 급속히 떨어지면 안되므로 Rigner's lactate(Na = 130mEq/L)보다는 생리식염수(Na = 154 mEq/L)가 안전하다.

참고2) Hypernatremia시 ICF의 삼투질농도도 같이 증가되어 있으므로 ECF의 삼투질농도가 너무 빨리 떨어지면 ICF로 물이 빨려 들어가 뇌부종이 발생한다. 만약 경련 등의 뇌부종 증상이 나타나면 3% NaCl 3~5 mL/kg를 정맥 주사하여 다시 혈청 Na 농도를 올려주어야 한다.

III. 경구 수액요법

경구 수액 요법(oral rehydration therapy)은 중증 탈수이거나 구토 증상이 심할 경우에는 시행하기 어렵다. 그러나 우리나라의 경우 중증 탈수 상태로 병원에 오는 경우는 거의 없으므로 경구 수액 요법이 매우 효과적일 수 있다(11, 12).

<경구수액(oral rehydration solution, ORS)의 2가지 조건>

- 1) Glucose와 Na의 비가 1:1 정도이어야 한다. 이는 1950년대에 밝혀진 Na^+ 와 포도당이 짝을 이루어 이동한다는 사실에 근거한다.
- 2) 총 삼투질 농도가 등장성 또는 저장성이어야 한다. 그 이유는 고장성의 음식을 먹을 경우 그 음식은 십이지장을 지나면서 저장성의 소화액(침, 위액, 담즙, 췌장액)과 섞여 등장성의 미즙(chyme)으로 된 다음에 공장으로 넘어가서 다시 체내로 흡수된다. 그러므로 음식이 고장성일 수록 소화액의 수분 함량이 더 많아지므로 일시적으로 장내로 체액의 소실이 일어나는데 이를 방지하기 위해 ORS는 고장성이면 안된다. 최근에는 삼투질농도가 다소 저장성(200 mOsm/L 정도)인 용액이 종래의 등장성(300 mOsm/L 정도)인 용액보다 흡수가 좋다고 알려졌다(13, 14).

<WHO ORS의 조성>

WHO에서 콜레라 환자의 치료를 위하여 고안한 ORS의 조성을 살펴보면 다음과 같다.

WHO ORS 1 L에는

$$\begin{aligned} \text{— glucose } 20 \text{ g} &= 20/180 \text{ mol} = 111 \text{ mmol} = 111 \text{ mosm} \\ \text{— NaCl } 3.5 \text{ g} &= 3.5/58.5 \text{ mol} = 60 \text{ mmol} = 120 \text{ mosm} \\ \text{— NaHCO}_3 \text{ } 2.5 \text{ g} &= 2.5/84 \text{ mol} = 30 \text{ mmol} = 60 \text{ mosm} \\ \text{— KCl } 1.5 \text{ g} &= 1.5/74.5 \text{ mol} = 20 \text{ mmol} = 40 \text{ mosm} \end{aligned}$$

Na^+ : 90 mEq/L, K^+ :20 mEq/L, Cl^- : 80 mEq/L, HCO_3^- : 30 mEq/L, Osmolality: 330 mOsm/L

WHO-ORS의 특징은 Glucose(111) : Na(90) 비가 거의 1:1 에 가깝고 삼투질농도가 300 mOsm/L로 다소 고장성이긴 하지만 ORS의 이론적 근거를 바탕으로 만들어진 것임을 알 수 있다.

<경구 수액의 Na 농도>

경구 수액 요법도 어느 정도의 포도당과 Na, K 등의 전해질이 포함된 용액을 사용할 것인가 하는 문제에서 그 원리는 정맥내 수액 요법에서와 같다.

WHO ORS의 Na, K 농도는 각각 90mEq/L, 20 mEq/L로서 중증(severe) 등장성 탈수의 정맥내 수액요법 치료시 초기 급속 수액요법(initial hydration) 후에 첫 12시간 동안 투여하는 용액의 Na, K 농도와 비슷하다(문제 3 참조). 따라서 이 용액은 탈수가 심할 경우 rehydratrion 용으로 사용할 수 있다. 미국에서 상품으로 시판되고 있는 경구수액으로서

WHO ORS와 조성이 비슷한 것은 Rehydralyte(Na= 75mEq/L)가 있으며 중증 탈수에 사용할 것이 권장되고 있다.

그러나 환자의 탈수가 심하지 않을 경우 WHO ORS나 Rehydralyte의 Na 농도는 다소 높은 편이다. 따라서 현재 미국에서 경도 내지 중등도의 탈수를 교정하는 경구 수용액 상품으로 가장 유명한 Pedialyte는 Na를 45 mEq/L 정도 함유하고 있어서 중증(severe) 등장성 탈수의 정맥내 수액요법 치료시 후기 12시간 동안 투여하는 용액의 Na 농도와 비슷하다(문제 3 참조). 우리나라에도 Pedialyte와 같은 조성을 가진 경구수용액이 상품화되어 있다(에레드롤, 페디라). Pedialyte에는 base로서 HCO₃⁻ 대신 3가 음이온인 citrate가 사용되는데 이는 전체 삼투질 농도를 낮추는 효과가 있다(Table 5). 게토레이 등의 스포츠 음료는 Na 농도가 너무 낮고 포도당 농도는 너무 높아 탈수 교정용 경구 수액으로는 적당하지 않다.

Table 5. Composition of Oral Solutions

ORS	Na (mEq/L)	K (mEq/L)	Cl (mEq/L)	HCO ₃ ⁻ (mEq/L)	Citrate ³⁻ (mmol/L)	Glucose (mmol/L)	Osmolality (mOsm/L)
<Rehydration>							
WHO ORS	90	20	80	30	-	111	330
Rehydralyte	75	20	65	-	10	139	309
<Maintenance>							
Pedialyte	45	20	35	-	10	139	249
<Sports beverage>							
Gatoratde	20	5	15	-	3	255	330

<경구 수액을 먹이는 방법>

경구 수액 요법도 정맥내 수액 요법과 마찬가지로 탈수 상태를 빨리 원 상태로 회복시키는 단계(rehydration)와, 탈수가 회복된 후 계속되는 설사에 따라 체내 수액 상태를 유지시키는 단계(maintenance)로 나누어 생각할 수 있다. 따라서 치료 초기 탈수 교정 용액으로는 Na 농도가 높은 WHO ORS나 Rehydralyte를 사용하는 것이 좋다. 그러나 대변으로의 Na 배출이 상대적으로 적은 로타바이러스 감염이 잦은 대부분의 구미 선진국에서는 일부 경한 설사 환아에게 Na 농도가 낮은 maintenance 용액을 대신 사용하기도 한다.

한편 게토레이 등의 스포츠 음료는 전해질의 농도가 적고 당질의 농도가 너무 높기 때문에 경구 수용액으로는 부적당하다.

환아의 크기에 따라 차수저(5 mL)나, 5~10 mL 주사기 또는 수유병에 담아 먹인다. 1분마다 5 mL 씩 차수저로 먹여도 1시간에 300 mL(10 kg 되는 영아에서 30 mL/kg)을 먹일 수 있다. 15~20kg 이상 되는 아기는 1분에 2차수저(10 mL) 씩 줄 수 있다.

이 같이 1~2 시간 동안 차수저나 주사기로 성공적으로 ORS를 주고난 후에는 대개 어린이들이 자유롭게 용액을 먹을 수 있게 된다.

처음 2시간 내에는 구토가 일어날 수 있는데 이런 경우에는 소량씩 자주 먹이도록 한다. 그래도 토할 때에는 경비위삽관(nasogastric tube)으로 주입할 수도 있다. 구토가 아주 심할 때에는 정맥 주사 치료를 받아야 한다.

1) 탈수 증상이 없는 경우

ORS를 줄 필요는 없고 모유나 정상 농도의 조제분유를 그대로 먹이면 된다. 설사를 계속할 때에는 한 번 설사에 대하여 ORS를 10 mL/kg 줄 수도 있으나, 탈수증이 없는 아이들은 ORS의 짠 맛 때문에 잘 먹지 않으려고 하는 경우가 많다.

2) 경한 탈수증 (3~5% 체중 소실)

ORS 50 mL/kg를 4시간 동안에 준다. 설사가 계속될 때에는 설사 한 번마다 10 mL/kg, 토할 때에는 5 mL/kg를 더 보충한다. 탈수증이 교정되는 대로 모유나 조제분유를 먹인다.

3) 중등도 탈수증(6~9% 체중 소실)

ORS 100 mL/kg를 4시간 동안 준다. 설사가 계속될 때에는 설사 한 번마다 10 mL/kg, 토할 때에는 5 mL/kg를 더 보충한다. 탈수증이 교정되는 대로 모유나 조제분유를 먹인다.

4) 중증 탈수증(>10% 체중 소실)

쇼크나 쇼크에 가까운 상태일 때는 정맥 내로 생리식염수나 Ringer's lactate를 준다(예를 들어 20~40 mL/kg를 1시간 내에 정주). 주사량이나 주사 속도는 탈수의 정도에 따라 다르다.

<Rehydration 후 조기 영양>

탈수 상태가 교정되면 가급적 빨리 전에 먹이던 영양을 취하도록 한다. 즉, 모유를 먹이던 아기는 모유를 먹고 조제분유를 먹이던 아기는 조제분유를 먹인다. 이러한 치료 방식은 설사 환아에게 안정을 취하게 하기 위하여 모유나 우유를 끊고 단식하거나 희석한 우유를 먹이기 시작하던 예전의 생각과는 전적으로 달라진 것이다. 이와 같이 제한하지 않고 전에 먹이던 영양을 조기에 시작함으로써 설사의 증상이나 경과를 악화시키는 것이 아니라 오히려 설사의 기간을 단축시킨다는 결과가 나와 있다. 장을 쉬게 하는 것보다 조기에 발병 전과 같이 영양을 주는 방법의 장점은 영양 불량 환아에게 영양을 빨리 공급하는 것뿐만 아니라 손상된 장점막의 회복을 촉진시킨다는 것이다.

설사하는 환아들의 80%에서 전에 먹이던 우유를 잘 받는다. 소수의 환아에서 흡수 장애의 증세가 있어서 유당불내증이 의심될 때에는 무유당 분유를 주기도 한다. 모유는 우유보다 유당의 함유량이 많으나 대변량이 감소하므로 설사 때에도 안전하게 계속 먹일 수 있다. 이유를 한 아이들은 우유와 곡분을 같이 주면 잘 받는다.

현재 사용되는 경구수액제제가 탈수의 치료와 예방에 매우 효과적이지만 설사의 기간이나 양을 줄이지는 못하는 한계점이 있다. 포도당 대신 쌀이나 곡물을 사용한 경우 전해질이 개발 중에 있는데 설사의 양을 현저히 줄이는 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

참고문헌

- 1) Greenbaum LA. Pathophysiology of body fluids and fluid therapy. In: Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB, eds. Nelson Textbook of Pediatrics. 17th ed. Philadelphia, W.B. Saunders co, 2003:191-252
- 2) Holiday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. Pediatrics 1957;19:823-32
- 3) Moritz ML, Ayus JC. Prevention of hospital acquired hyponatremia; a case for using isotonic saline in maintenance therapy. Pediatrics 2003;111:227-30
- 4) Kaneko K, Shimojima T, Kaneko K. Risk of exacerbation of hyponatremia with standard maintenance fluid regimens. Ped Nephrol 2004;19:1185-6
- 5) Saavedra JM, Harris GD, Li S, Finberg L. Capillary refilling (skin turgor) in the assessment of dehydration. Am J Dis Child 1991;145:296-98
- 6) Holliday MA, Friedman AL, Wassner SJ. Extracellular fluid restoration in dehydration: a critique of rapid versus slow. Pediatr Nephrol 1999;13:292-7
- 7) AAP Provisional Committee on Quality Improvement, Subcommittee on Acute Gastroenteritis. Practice parameter: the management of acute gastroenteritis in young children. Pediatrics 1996;97:427-30
- 8) Arieff AI, Ayus JC, Fraser CL. Hyponatremia and death or permanent brain damage in healthy children. BMJ 1992;304:1218-22
- 9) Laurenco R, Karp BI. Myelinolysis after correction of hyponatremia. Ann Intern Med. 1997;126:57-62

- 10) Lein YH, Shapiro JI, Chan L. Effects of hypernatremia on organic brain osmoles. *J Clin Invest* 1990;85:1427-35
- 11) Thaper N, Sanderson IR. Diarrhea in children; an interface between developing and developed children. *Lancet* 2004;363:641-53
- 12) Ramakrishna BS, Venkataraman SS, Srinivasan P, Dash P, Young GP, Binder HJ. A novel development in oral rehydration therapy. *Gastroenterol* 2000;119:591-2
- 13) International Study Group on Reduced-Osmolality ORS solutions. Multicenter evaluation of reduced-osmolality oral rehydration salts solution. *Lancet* 1995;346:282-5
- 14) Thillanagayam AV, Hunt JB, Farthing MJ. Enhancing clinical efficacy of oral rehydration therapy; is low osmolality the key? *Gastroenterol* 1998;114:197-210