

# 소아의 폐렴과 중추신경계 감염에서 급성 저나트륨혈증의 발생 양상

양산부산대학교 어린이병원 소아청소년과학

신성현 · 엄태민 · 이윤진 · 손승국 · 김성현 · 김수영

Sung Hyun Shin, M.D.,  
Tea Min Um, M.D.,  
Yun Jin Lee, M.D.,  
Seung Kook Son, M.D.,  
Seong Heon Kim, M.D.,  
and Su Yung Kim, M.D., Ph.D.

Department of Pediatrics, Pusan National University Children's Hospital

**Corresponding Author:** Su Yung Kim  
Department of Pediatrics, Pusan National University Children's Hospital, Pusan, Korea  
Tel: 055-360-2180, Fax: 055-360-2181  
E-mail: [suyung@pusan.ac.kr](mailto:suyung@pusan.ac.kr)

\*본 논문은 2011년도 부산대학교병원 임상 연구비의 지원으로 이루어졌음

Received: 15 September 2012  
Revised: 5 October 2012  
Accepted: 14 October 2012

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/bync/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Acute Hyponatremia in Pneumonia and CNS Infections of Children

**Purpose:** The option of selecting isotonic rather than hypotonic fluids for maintenance fluid in children has been advocated by some authors. Pneumonia and CNS infections are frequent clinical settings for acute hyponatremia because of nonosmotic anti-diuretic hormone stimuli in children. We conducted the present study to identify the incidence of hyponatremia in pneumonia and CNS infection of children and to determine the importance of maintenance intravenous fluid therapy regimen and other related factors.

**Methods:** The study included 1,992 patients admitted to the Department of Pediatrics at Pusan National University Children's Hospital between November 2008 and August 2011, who were diagnosed with pneumonia or CNS infections and checked for serum sodium concentration. Their clinical data including laboratory findings were reviewed retrospectively.

**Results:** During the study period, 218 patients were identified to have acute hyponatremia among 1,992 patients. The overall incidence of hyponatremia was 10.9%. The incidence of hyponatremia in encephalitis (37.3%) was highest and the incidence in bacterial meningitis (27.4%), viral meningitis (20.0%), bacterial pneumonia (11.1%), mycoplasma pneumonia (9.2%), and viral pneumonia (6.8%) were in descending order. The mean age was higher in hyponatremic patients than in isonatremic patients. The incidence of hyponatremia was higher in who had 0.18% NaCl in 5% dextrose (D5 0.18% NS) than 0.45% NaCl in 5% dextrose infusion (D5 1/2NS) (9.0% vs. 2.2%). SIADH was identified in 20.5% among hospital acquired hyponatremic patients after adequate evaluation for SIADH.

**Conclusion:** We recommend D5 1/2NS rather than D5 0.18% NS as the maintenance fluid given to children with pneumonia or infectious CNS diseases.

**Key words:** Hyponatremia, Pneumonia, Meningitis, Encephalitis, Syndrome of inappropriate secretion of antidiuretic hormone

## 서론

급성 저나트륨혈증은 입원한 환자에서 가장 흔히 접하게 되는 전해질 이상이며[1, 2], 치명적인 신경학적 후유증을 남기거나 사망에 이르게 할 정도로 심각한 문제를 일으킬 수 있다.

급성 저나트륨혈증은 부가적인 수분의 공급과 더불어 수분의 배설을 억제하는 항이노호르몬의 작용이 원인으로 생각되는데[3], 소아에서의 부가적인 수분의 공급은 저장성 수액이 주된 원인으로 생각된다[4-6]. 저나트륨혈증의 발생률은 저나트륨혈증의 정의, 혈장 나트륨 측정의 빈도, 환자의 임상적 상태, 주입수액내의 나트륨 농도 및 주입량, 연구방법 등에 따라 적게는 8% 에서 많게는 100% 까지 보고되고 있다[7-12]. 저나트륨혈증은 수술 이후에 가장 흔히 발생할 수 있으며, 폐렴과 중추신경계 감염에서도 잘 나타나는 것으로 알려져 있다[13-15]. 따라서 소아 입원 환자에서 저나트륨혈증의 발생을 예방하기 위해 정맥 내 유지용액을 기존의 저장성용액 대신 정상 생리식염수로 대체해야 한다는 주장이 제기되어 왔다[4, 16]. 이에 본 저자들은 소아의 폐렴과 중추신경계 감염질환에 있어서 저나트륨혈증의 발생 양상과 수액의 유지량 및 수액 내 나트륨 농도가 저나트륨혈증의 발생률에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

## 대상과 방법

### 1. 대상

2008년 11월부터 2011년 8월까지 바이러스성 폐렴, 세균성 폐렴, mycoplasma성 폐렴, 바이러스성 뇌수막염, 세균성 뇌수막염 및 뇌염 의 진단하에 부산대학교 어린이병원에 입원하였던 소아중 전해질 측정이 되었고 정맥을 통하여 유지 용액을 투여 받았던 환자들을 대상으로, 전해질 이상을 초래할 기타 질환 즉 중증도 이상의 탈수, 심한 구토 및 설사, 내분비기능 이상, 심장 질환, 영양실조 등이 없고, 내원전에 정맥을 통한 수분공급을 받은 과거력이 없는 지역사회획득 폐렴 및 중추신경계 감염질환만을 가진 1992명 환자의 입원 기록을 후향적으로 검토하였다.

### 2. 방법

환자의 임상 증상, 이학적 소견, 흉부 X-선 소견, 뇌 자기

공명 영상, 뇌파, 말초혈액의 백혈구수 및 감별수, c-reactive protein, 적혈구 침강속도, 혈액, 기관지 분비물, 흉막액, 호흡기 바이러스 PCR 검사, mycoplasma 항체역가, 뇌척수액의 백혈구수 및 감별수, 뇌척수액의 화학적 검사, 뇌척수액의 배양결과에 의해 바이러스성 폐렴, 세균성 폐렴, mycoplasma 성 폐렴, 바이러스성 뇌수막염, 세균성 뇌수막염, 뇌염을 감별진단하였다.

저나트륨혈증은 혈청 나트륨농도 135 mEq/L 미만으로 정의하였고, 혈중 요소질소 및 혈청 creatinine 농도로 신기능을 추측하였다. 또한 다음 진단기준에 근거하여 5가지를 모두 만족할 경우 SIADH (syndrome of inappropriate anti-diuretic hormone) 로 진단하였다. (1) 혈청 삼투압이 280 mOsmol/kg water 미만이면서 혈청 나트륨이 135 mEq/L 미만 (2) 소변 삼투압이 100 mOsmol/kg water 이상 (3) 지속적인 나트륨노 배설(natriuresis) (30 mEq/L 이상) (4) 정상적인 신장, 갑상선, 부신, 심장, 간기능 (5) 수분의 과도한 손실 혹은 투여의 과거력과 임상적 소견이 없는 경우. 대상 환자에서 유지량(유지수액군) 또는 유지량의 2/3 이하의 수액을 주입한 군(유지수액제한군)을 나누어 조사하였으며 또한 사용된 유지용액이 0.18% NaCl in 5% dextrose (D5 0.18% NS)인 군과 0.45% NaCl in 5% dextrose (D5 1/2NS)인 군을 분류하였다.

## 결과

대상 환자 1,992명 중 저나트륨혈증을 보인 환자는 218명이었으며 136명은 입원시에 저나트륨혈증을 보이고 있었고, 입원시에 정상 나트륨혈증을 보이던 1,856명의 환자 중 82명은 입원기간 중에 저나트륨혈증이 발생하였다. 전체 환자중 저나트륨혈증의 발생빈도는 10.9%였으며, 입원 기간중 저나트륨혈증의 발생 빈도는 4.4% 였다. 각 질환별 저나트륨혈증의 발생률은 뇌염시 가장 높아 37.3%이고, 세균성 뇌수막염 27.4%, 바이러스성 뇌수막염 20.0%, 세균성 폐렴 11.1%, mycoplasma성 폐렴 9.2%, 바이러스성 폐렴 6.8% 였다. 폐렴 환자군에서는 세균성 폐렴 환자군이 바이러스성 폐렴 환자군에 비해 저나트륨혈증의 발생률이 의미있게 높았으며( $P<0.05$ ), 중추신경계 감염질환 환자군에서는 뇌염 환자군이 바이러스성 뇌수막염 환자군에 비해 저나트륨혈증의 발생률이 의미있게 높았다( $P<0.05$ ) (Table 1).

저나트륨혈증을 보인 환자의 연령은 폐렴군에서 평균  $6.15 \pm 3.71$ 세로 정상나트륨혈증군의 평균 연령  $2.48 \pm 3.21$ 세 보다 높았고( $P<0.05$ ), 중추신경계 감염질환군에서도 5.17

**Table 1.** Incidence of Hyponatremia According to Diseases

Disease	Isonatremia at admission	Hyponatremia at admission	Hyponatremia during admission	Hyponatremia (Total) (%)
Viral pneumonia (n=1,082)	1,035	47	27	74 (6.8)
Mycoplasma pneumonia (n=142)	133	9	4	13 (9.2)
Bacterial pneumonia (n=486)	449	37	17	54 (11.1)*
Viral meningitis (n=115)	102	13	10	23 (20.0)
Bacterial meningitis (n=84)	69	15	8	23 (27.4)
Encephalitis (n=83)	68	15	16	31 (37.3) <sup>†</sup>
Total (n=1,992)	1,856	136	82	218 (12.3)

\*P value <0.05 vs. viral pneumonia

<sup>†</sup>P value <0.05 vs. viral meningitis

**Table 2.** Age Difference between Isonatremia and Hyponatremia Groups

Disease	Serum Na concentration	Mean age±SD (yr)
Pneumonia (n=1,710)	Isonatremia (n=1,569)	2.48±3.21
	Hyponatremia at admission (n=93)	5.47±2.94
	Hyponatremia during admission (n=48)	7.46±3.62
	Hyponatremia (Total) (n=141)	6.15±3.71*
CNS infections (n=282)	Isonatremia (n=205)	3.99±2.86
	Hyponatremia at admission (n=34)	5.02±1.67
	Hyponatremia during admission (n=43)	5.36±2.15
	Hyponatremia (Total) (n=77)	5.17±3.65 <sup>†</sup>

\*P value <0.05 vs. isonatremia in pneumonia

<sup>†</sup>P value <0.05 vs. isonatremia in CNS infection

**Table 3.** Hospital Acquired Hyponatremia According to Fluid Types and Amount

Disease	D5 0.18% NS 2/3 maintenance*	D5 0.18% NS maintenance	D5 1/2NS 2/3 maintenance	D5 1/2NS maintenance	Total
Viral pneumonia	8	11	5	3	27
Mycoplasma pneumonia	0	1	2	1	4
Bacterial pneumonia	3	8	2	4	17
Viral meningitis	3	4	1	2	10
Bacterial meningitis	3	2	1	2	8
Encephalitis	6	5	4	1	16
Total (n)	23	31	15	13	82
Incidence (%)	8.7 <sup>†</sup>	9.3	3.3 <sup>‡</sup>	1.6	4.4

\*2/3 maintenance : 2/3 amount of maintenance

<sup>†</sup>P value 0.789 vs. D5 0.18% NS maintenance

<sup>‡</sup>P value 0.058 vs. D5 1/2NS maintenance

**Table 4.** Development of Hospital Acquired Hyponatremia According to Fluid Types

	D5 0.18% NS	D5 1/2NS
Isonatremia	544 (91.0)	1,230 (97.8)
Hyponatremia	54 (9.0)*	28 (2.2)
Total	598 (100.0)	1,258 (100.0)

\*P value <0.05 vs. D5 1/2NS

±3.65세로 정상나트륨혈증군의 3.99±2.86세에 비해 높았다(P<0.05) (Table 2).

입원 기간 중 주입한 수액의 종류와 량에 따른 저나트륨혈증의 발생을 차이를 비교하였다. D5 0.18% NS 유지수액제한군 8.7%에서 저나트륨혈증이 발생하였고 D5 0.18% NS 유지

**Table 5.** Incidence of SIADH in Hospital Acquired Hyponatremic Patients

	Hyponatremia	SIADH	(%)
Viral pneumonia (n)	20	5	25.00
Mycoplasma pneumonia (n)	2	0	0.00
Bacterial pneumonia (n)	10	2	20.00
Viral meningitis (n)	10	1	10.00
Bacterial meningitis (n)	10	2	20.00
Encephalitis (n)	26	6	23.07
Total (n)	78	16	20.51

수액군에서9.3%, D5 1/2NS 유지수액제한군에서 3.3%, D5 1/2NS 유지수액군에서 1.6%의 저나트륨혈증 발생율을 보였다. 같은 Na 농도안에서 주입양에 따른 저나트륨혈증의 발생

율은 의미있는 차이를 보이지 않았다(Table 3).

입원기간중 저나트륨혈증이 발생한 환자에서 수액에 포함된 나트륨농도에 따른 발생빈도를 보면 D5 0.18% NS군에서 9.0%, D5 1/2 NS군에서 2.0%의 저나트륨혈증 발생을 보여 D5 0.18% NS를 투여한 군에서 저나트륨혈증의 발생이 의미있게 높게 나타났다( $P<0.05$ ) (Table 4).

SIADH는 앞서 제시한 진단기준에 따라 진단하였으며, 입원기간 중 저나트륨혈증이 발생한 82명의 환자 중 78명이 SIADH의 진단에 필요한 모든 검사를 시행하였고, 이중 20.5%에서 진단되었다(Table 5).

## 고찰

Holliday와 Segar [17]는 1957년에 에너지 대사에 소비되는 수분량에 근거하여 수액의 유지량을 결정 하였으며, 유지용액에 사용되는 NaCl의 농도를 30 mmol/L (0.18% NaCl)로 권고하였다. 이는 모유와 우유에 함유된 나트륨 농도와 비슷하다는 점이 이론적 근거가 되었는데, 이후로 최근까지 유지요법으로 사용되는 수액은 일반적으로 저장성 용액(0.18% NaCl)이 통용되고 있다. 하지만 Holliday와 Segar [17]가 제안한 공식이 급성기 환아들에 있어서 임상적으로 흔히 발생 할 수 있는 항이뇨호르몬의 과다에 의한 수분 정제와 이에 따른 저나트륨혈증의 발생을 고려하지 않았다는 문제점이 있으며, 저장성 유지용액의 사용에 따른 심각한 저나트륨혈증의 발생으로 인하여 등장성 유지용액을 사용해야 한다는 주장이 제기되었다[3, 18-21]. 이런 주장들은 나트륨의 과다투여로 인한 고나트륨혈증의 발생 위험성으로 인해 아직 일반적으로 임상에서 받아들여지지 않고 있으나 등장성 수액 투여에 의한 고나트륨혈증의 발생을 증명할 만큼의 임상적 근거도 역시 부족한 상태이다.

Kannan 등[22]은 입원 환자에서 저장성 용액(D5 0.18% NS)을 유지 용량만큼 주입할 경우 저나트륨혈증의 발생률을 14.3%로 보고 하였는데 본 연구에서는 같은 수액의 주입 상황에서 저나트륨혈증의 발생률이 9.3%였고, 이와 같은 차이는 저나트륨혈증의 정의 및 기저 질환 등의 임상적 차이에 기인할 것으로 생각된다. 또한 Kannan 등[22]의 연구에서는 저나트륨혈증은 모든 경우에서 치료 36시간 이내에 발생하였는데, 본 연구에서는 아쉽게도 입원 환자에서 발생한 저나트륨혈증의 시간별 분석을 하지는 못하였다.

저자들은 저나트륨혈증의 발생이 주입되는 유지 용액의 양보다는 유지 용액의 나트륨 농도와 통계학적인 상관성을

찾는 것을 확인하였으며, 이는 Powell 등[23]의 연구와 비슷한 결과를 보여준다. Powell 등[23]은 뇌수막염으로 입원 치료를 시행한 환아들을 대상으로 저장성 수액을 사용하며 수액제한을 실시한 군과 등장성 수액을 사용하며 수액 제한을 하지 않은 군을 나누어 무작위적 연구를 실시하였으며 등장성 수액을 투여한 군에서는 정상 혈장 나트륨이 지속적으로 유지된 반면 저장성 수액으로 수액제한을 시행한 군에서는 저나트륨혈증이 자주 나타났다고 보고하였다. 이와는 다르게 저나트륨혈증의 발생이 유지용액의 나트륨 농도보다 과다한 주입양과 관련 있다는 주장도 있다[24]. 따라서 우선 이러한 저나트륨혈증이 잘 발생할 수 있는 임상 상황을 예측하여야 하며, 유지 수액 요법을 시행할 경우 등장성 수액을 사용하거나 수액양을 제한 하는 등의 방법을 잘 선택하여야 하겠다. 유지 수액 요법을 시작한 이후에도 지속적으로 환자의 체중, 소변량 및 혈장 나트륨의 변화 추이를 주의 깊게 관찰하는 것이 심각한 저나트륨혈증을 예방하기 위해 중요한 것으로 생각된다.

본 연구에서는 폐렴 환자의 경우와 중추 신경계 감염질환의 경우 모두 저나트륨혈증을 보인 환자군의 연령이 통계학적으로 의미있게 높았는데, 이는 어린 연령일수록 체중당 필요한 수분의 양이 많기 때문에 저장성 유지 용액의 사용에도 저나트륨혈증의 발생이 비교적 적었다고 추측해 볼 수 있다. 하지만 어린 환자의 경우도 저나트륨혈증의 위험성이 존재하기 때문에 이러한 임상 증상이 의심되는 경우에 10 kg 이하의 환아에서도 일반적으로 사용되는 D5 0.18% NS 보다는 D5 1/2NS를 사용하는 것이 안전할 것으로 생각된다.

입원 중 발생한 저나트륨혈증 환자 중 20.5%에서는 SIADH가 진단 되었는데, 나머지의 경우는 경미한 체액 감소가 있어 ADH의 분비가 증가해 있는 상황일 것으로 추측된다. 또한 연구자마다 저나트륨혈증의 정의가 조금씩 다른 경우가 있는데 저자들은 저나트륨혈증을 비교적 높은 수치인 혈청 나트륨 농도 135 mEq/L 미만으로 정의하여 실제보다 많은 저나트륨혈증 환자가 포함되어 있을 가능성도 있을 것으로 생각된다.

소아의 폐렴 및 중추 신경계 감염질환에서 저나트륨혈증의 발생이 비교적 높으므로 유지용액으로는 기존의 D5 0.18% NS 보다는 D5 1/2NS 용액을 사용하는 것을 추천하는 바이며 타질환을 포함하여 입원환자의 저나트륨혈증 발생을 막기 위한 유지용액의 주입량 및 종류에 관해서는 전향적 무작위적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 후향적으로 이루어진 점에서 한계점을 지니고 있으며 소변 전해질, 소변 삼투압, 혈장 삼투압 측정 등

SIADH를 진단하기 위한 검사가 저나트륨혈증을 보이는 모든 환자에서 이루어지지 못한 점, 경미한 수분의 결핍이 있는 환자들을 완전히 배제하지 못한 점, 환아들이 경구로 섭취한 수분에 의한 혈장 나트륨의 감소를 완전히 배제할 수 없었던 점 등이 또한 한계로 남아있다.

## 요약

**목적:** 소아 입원 환자에서 유지용액을 기존의 저장성 수액 대신 등장성 수액으로 대체해야 된다는 주장이 제기되어왔다. 소아에서의 폐렴과 중추신경계 감염은 항이노 호르몬의 분비 자극으로 인해 저나트륨혈증이 흔히 발생할 수 있는 임상적인 상황으로 알려져 있다. 이에 저자들은 소아에서 폐렴과 중추신경계 감염질환에서 저나트륨혈증의 발생률을 확인하고 유지용액 선택의 중요성과 관련 인자들에 대해 조사하고자 본 연구를 시행하게 되었다.

**방법:** 부산대학교 어린이병원에 2008년 11월부터 2011년 8월까지 폐렴과 중추신경계 감염질환진단하에 입원하여 유지용액을 투여받고 혈장 나트륨 농도가 측정된 1992명의 환아를 대상으로 하였다. 저나트륨혈증은 혈장 나트륨 농도가 135 mEq/L 미만일 때로 정의하였다. 검사결과를 포함한 임상적 자료는 후향적으로 분석되었다.

**결과:** 연구기간 동안 1,992명 중 218명의 환아가 급성 저나트륨혈증으로 확인되었다. 따라서 총 발생률은 10.9%였다. 저나트륨혈증의 발생률은 뇌염에서 가장 높았고 세균성 뇌수막염, 바이러스성 뇌수막염, 세균성 폐렴, mycoplasma 성 폐렴, 바이러스성 폐렴 순으로 발생률의 차이를 나타내었다. 세균성 폐렴에서의 발생률은 바이러스성 폐렴의 발생률에 비해 의미있게 높은 결과를 보였다. 또한 뇌염에서의 발생률은 바이러스성 뇌수막염의 발생률에 비해 의미있게 높은 결과를 보였다. 평균발생연령은 저나트륨혈증 환자군이 정상나트륨혈증 환자군에 비해 의미있게 높았다. 저나트륨혈증의 발생률은 D5 0.18% NS 투여군이 D5 1/2NS 투여군에 비해 의미있게 높았다. 입원기간 중 저나트륨혈증이 발생한 82명의 환자 중 78명이 SIADH의 진단에 필요한 모든 검사를 시행하였고, 이 중 20.5%에서 진단되었다.

**결론:** 저나트륨혈증의 발생률은 폐렴과 중추신경계 감염질환에서 높게 나타나며 저장성 수액의 투여는 입원 후에 발생하는 저나트륨혈증의 중요한 원인이다. 따라서 저자들은 폐렴과 중추신경계 질환이 있는 환자에서 유지용액으로 D5 0.18% NS 보다 D5 1/2NS의 투여를 권장하는 바이다.

## References

- 1) Anderson RJ. Hospital-associated hyponatremia. *Kidney Int* 1986;29:1237-47.
- 2) Kennedy PG, Mitchell DM, Hoffbrand BI. Severe hyponatremia in hospital inpatients. *BMJ* 1978;2:1251-3.
- 3) Halperin ML, Goldstein MB. Sodium and Water. 3rd ed. Philadelphia. PA: WB Saunders: 1999
- 4) Moritz ML, Ayus JC. Prevention of hospital-acquired hyponatremia: A case for using isotonic saline. *Pediatrics* 2003; 111:227-30.
- 5) Moritz ML, Ayus JC. Hospital-acquired Hyponatremia: why are there still deaths? *Pediatrics* 2004;113:1395-6.
- 6) Moritz ML, Ayus JC. Hospital-acquired hyponatremia-why are hypotonic parenteral fluids still being used? *Nat Clin Pract Nephrol* 2007;3:374-82.
- 7) Hoorn EJ, Geary D, Robb M, Halperin ML, Bohn D. Acute hyponatremia related to intravenous fluid administration in hospitalized children: an observational study. *Pediatrics* 2004;113:1279-84.
- 8) Armon K, Riordan A, Playfor S, Millman G, Khader A, Society PR. Hyponatremia and hypokalemia during intravenous fluid administration. *Arch Dis Child* 2008;93:285-7.
- 9) Neville K, Verge C, Rosenberg A, O Meara M, Walker J. Isotonic is better than hypotonic saline for intravenous rehydration of children with gastroenteritis: a prospective randomized study. *Arch Dis Child* 2006;91:226-32.
- 10) Brazel P, McPhee IP. Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in postoperative scoliosis patients: the role of fluid management. *Spine* 1996;21:724-7.
- 11) Wilkinson E, Rieff J, ReKate H, Beals S. Fluid, blood, and blood product management in the craniofacial patient. *Pediatr Neurosurg* 1992;18:48-52.
- 12) Choong K, Kho M, Menon K, Bohn D. Hypotonic versus isotonic saline in hospitalized children: a systematic review. *Arch Dis Child* 2006;91:828-35.
- 13) Chung HM, Kluge R, Schrier RW, Anderson RJ. Postoperative hyponatremia. A prospective study. *Arch Intern Med* 1986; 146:333-6.
- 14) Shann F, Germer S. Hyponatremia associated with pneumonia or bacterial meningitis. *Arch Dis Child* 1985;60:963-6.
- 15) Moritz ML, Ayus JC. La crosse encephalitis in children. *N Engl J Med* 2001;345:148-9.
- 16) Holliday MA. Isotonic Saline Expands Extracellular Fluid and Is Inappropriate for Maintenance Therapy. *Pediatrics* 2005; 115:193-4.
- 17) Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in

- parenteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957;19:823-32.
- 18) Shaifee MAS, Bohn D, Horn E, Halperin ML. How to select optimal maintenance intravenous fluid therapy. *Q J Med* 2003;96:601-10.
  - 19) Gerigk M, Gnehm H, Rascher W. Arginine vasopressin and rennin in acutely ill children: implication for fluid therapy. *Acta Paediatr* 1996;85:550-3.
  - 20) Rosenow EC III, Segar We, Zehr JE. Inappropriate antidiuretic hormone secretion in pneumonia. *Mayo Clin Proc* 1972;47:169-74.
  - 21) Rivers RPA, Forsling ML, Olver RP. Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in infants with respiratory infections. *Arch Dis Child* 1981;56:358-63.
  - 22) Kannan L, Lodha R, Vivekanandhan S, Bagga A, Kabra SK, Kabra M. Intravenous fluid regimen and hyponatraemia among children: a randomized controlled trial. *Pediatr Nephrol* 2010;25:2303-9.
  - 23) Powell KR, Sugarman LI, Eskenazi AE, Woodin KA, Kays MA, McCormick KL, et al. Normalization of plasma arginine vasopressin concentrations when children with meningitis are given maintenance plus replacement fluid therapy. *J Pediatr* 1990;117:515-22.
  - 24) Hatherill M, Waggle Z, Salie S, Argent A. Hospital-acquired hyponatremia is associated with excessive administration of intravenous maintenance fluid. *Pediatrics* 2004;114:1368; author reply 1368-9.