

## 서울 S지역에서 발생한 영아 메트헤모글로빈혈증 1례의 원인구명을 위한 역학조사

한양대학교 의과대학 예방의학교실  
김영열 · 최보울 · 박항배

서울시 보건환경연구원  
김민영 · 여인학

### =Abstract=

#### **Epidemiologic Investigation to Identify the Cause of an Infant Methemoglobinemia**

**Young-yeul Kim, Bo-youl Choi, Hung-bae Park**

*Department of Preventive Medicine, College of Medicine, HanYang University*

**Min-young Kim, In-hak Yeo**

*Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment*

Epidemiologic investigation was conducted on January, 1993 in Seoul to identify the cause of an infant methemoglobinemia. Field investigation of the area of outbreak, survey of household and family members, analysis of ground water, and blood tests of involved family members were performed. Following results were obtained.

On analyzing the quality of the ground water on patient's household high levels of nitrate was found indicating contamination of water as the cause of a methemoglobinemia outbreak. On analysing the quality of the ground waters on seven other places within the neighborhood five were contaminated by nitrate in concentration that exceeded the permissible limit implying presence nearby source of contamination. Sources of contamination were thought to be originating from human waste in conventional bathroom facilities, chicken manure used in nearby orchards and plant fields or fertilizers. But the results of water analysis with presence of bacteria or E.coli, concentration of potassium, phosphate and the past history of diarrhea among family members, chicken manure suggested the most possible source of contamination. To evaluate the health status of members in the neighborhood past history was reviewed revealing no prior existence of patient with cyanosis and 65 people in the neighborhood had normal levels of methemoglobin concentration in their blood.

Conclusively, the ground water on patient's household was contaminated with nitrate and despite provision of adequate water supply, family members of the patient along with their distrust in the water supply system had used ground water as their source of drinking water resulting of

methemoglobinemia. Many suburban area of Seoul and country side thought to be having similar problems concerning contaminated ground water supply and dormant outbreak of patients as a result of the drinking of the contaminated water. Epidemiologic investigation and water analysis of ground waters are advised.

**Key words:** methemoglobinemia, nitrate, epidemiologic investigation

## 1. 서 론

메트헤모글로빈혈증(methemoglobinemia)은 적혈구내 메트헤모글로빈(methemoglobin)의 증가에 인하여 임상적으로 암청회색(slate gray)의 청색증을 특징적으로 나타낸다. 메트헤모글로빈은 헤모글로빈의 산화유도체(oxidative derivative)로 heme의 제 1철(ferrous;  $Fe^{++}$ )이 제 2철(ferric;  $Fe^{+++}$ )상태로 산화된 형태이며 산소와는 결합하지 않아 메트헤모글로빈혈증이 심하면 혈액내 적혈구의 산소 운반능력 및 농도가 감소하여 결국 조직의 저산소증을 초래한다. 항상성이 유지되는 정상상태의 인체에서도 소량의 메트헤모글로빈은 계속 생성되며 효소계 및 비효소계의 작용에 의해 헤모글로빈으로 환원되고 혈액내 약 1-2% 정도의 농도를 유지하고 있다(Lukens, 1987).

메트헤모글로빈혈증은 선천적으로는 비정상적인 헤모글로빈(hemoglobin M)이 존재(hemoglobin M disease)하거나 메트헤모글로빈의 환원에 필요한 효소의 결핍에 의하여, 후천적으로는 nitrite 등의 산화물질이나 diaminodiphenyl sulfone 등의 약물에 의해 발생될 수 있다. 선천적인 원인으로 인한 메트헤모글로빈혈증은 일생동안 지속적인 증상이 있지만 후천적인 원인에 의한 것은 증상이 급성으로 발생하며 원인을 제거하면 곧 정상으로 회복된다.

nitrate로 오염된 음용수는 후천적 메트헤모글로빈혈증의 흔한 원인이며 특히 오염된 우물물로 우유를 타서 먹는 3개월 이하의 영아에서 중요하다(William, 1990). 1945년 Comly에 의해 고농도의 nitrate로 오염된 물의 음용과 영아 메트헤모글로빈혈증과의 연관성이 밝혀진 이후 1964년 까지 미국의 경우만 약 2,000명의 환자를 보고하고 있다

(Chanlett, 1979). 그 후에도 외국에서는 nitrate로 오염된 우물물에 의해 발생한 메트헤모글로빈혈증의 증례 및 연구결과가 계속 보고되고 있으나(Josheph 등, 1965; Miller, 1971; Johnson 등, 1987) 우리나라에서는 보고된 예가 없다.

저자들은 1993년 1월 서울에 소재한 일개 대학병원에서 청색증을 주소로 내원한 신생아가 메트헤모글로빈혈증으로 진단됨에 따라 환아가 음용한 지하수에 의한 것으로 추정하고 이 질병의 원인구명을 위한 역학조사를 실시하였다.

## 증 례

1993년 1월 생후 25일된 신생아가 생후 10일경부터 발생한 청색증(cyanosis)을 주소로 서울의 한 대학병원에 내원하였다. 청색증은 얼굴 및 몸 전체에 나타난 후 사라지는 것을 반복하였으며 특히 울 때는 심하게 나타났다. 예방접종을 위해 개인의원 방문시 심잡음이 발견되어 선천성 심질환을 의심하고 대학병원에 전원 되어 입원하였다. 이학적 검사 및 흉부 X선 촬영, 심장 초음파검사상 폐질환이나 청색증형 선천성 심질환은 없었으며 입원당시 채취한 혈액은 초콜릿색을 띠었고 이때 동맥혈의  $PO_2$ ,  $PCO_2$ 는 57.1, 28.2mmHg, 메트헤모글로빈치는 24.4% 이었다. 보호자의 개인사정으로 환자는 다음날 퇴원하였지만 증상이 호전되지 않아 닷새후 다시 입원하였다. 이때의 혈중 메트헤모글로빈치는 8.8% 이었고 진단을 겸한 치료목적으로 methylene blue 정맥주사 후 2.2%로 감소하여 메트헤모글로빈혈증으로 진단 되었다. 다음날 퇴원전 메트헤모글로빈치는 1.3% 이었고 퇴원 약 10일후 메트헤모글로빈치는 0.52% 이었다. 혈액소 전기영동 검사를 포함한 기타 검사에서 이상소견은 발견되지 않았고 다만 생후 3일 부터 분유를 지하수로 타서 먹인 기왕

력과 마지막 퇴원후 수도물로 분유를 타서 먹었을때  
 에 청색증이 나타나지 않았고 이때의 메트헤모글로  
 빈치는 정상범위결과를 보여 오염된 우물물의 음용  
 에 의한 메트헤모글로빈혈증을 의심하게 되었다.

## II. 연구대상 및 방법

저자들은 1993년 1월 서울시 소재 일개 대학병원  
 에 메트헤모글로빈혈증 환자가 입원하여 원인이  
 nitrate로 오염된 지하수 음용에 의한 것이 의심되  
 어 수질검사를 의뢰해 음에 따라 원인구명을 위해  
 1993년 3월 역학조사반을 구성하여 조사를 시행하  
 였다. 환자에 관한 자료는 병원의 외래 및 입원기록  
 을 이용하였고 환자가 발생한 지역의 지리적 특성,  
 상수 및 지하수 이용실태 등의 정보를 얻기 위해 현  
 지조사를 실시하였다. 지하수 수질검사를 위해 3월  
 환자집의 지하수를, 4월 주민들이 음용하는 약수를  
 포함하여 부근에 위치한 8곳의 지하수를 채수 하였  
 다. 오염원을 밝히기 위해 인근지역의 논, 밭, 재래  
 식화장실, 가축사육장, 부패조, 퇴비, 공장유무 등  
 을 현지조사 하였고, 지역 주민을 대상으로 지하수  
 이용실태 및 용도 등을 설문조사 하였다. 또한 주민  
 의 건강상태의 평가를 위해 과거 청색증환자 발생유  
 무 및 설사증세유무를 설문 및 면접조사 하였으며  
 가구원의 메트헤모글로빈 농도측정을 위해 혈액검사  
 를 시행하였다.

수질검사는 서울시 보건환경연구원에서 음용수 수

질기준법에 근거하여, pH Meter, Ion Chromatography  
 (Dionex 4000 I), Mercury Analyser(Mercury/AM-  
 1), Atomic Absorption Spectrophotometer(Hitachi  
 E-8100) 등을 이용하여 분석하였다(표 1).

## III. 결 과

### 1. 환자 발생지역의 특성 및 상수, 지하수 이용 실태

S동은 서울의 동북부에 위치하며 인구 약 27,  
 000명, 약 8,000세대가 살고 있다. 환자가 발생한  
 지역은 S동에서 동쪽으로 서울의 가장 외곽에 위치  
 하며 주민들의 대부분은 농업에 종사한다. 이 지역  
 에는 환자가 발생한 집 주위로 약 60여 가구가 인  
 접해 거주하고 있으며 이 집들은 북쪽과 동쪽에는  
 산으로 남쪽에는 밭으로 둘러싸여 길을 따라 일렬로  
 위치해 있다. 북쪽과 동쪽의 산기슭에는 집들과 인  
 접하여 배 과수원이 있고 남쪽에는 밭이 위치하며  
 배추, 시금치, 파 등을 주민들이 1년에 3회 경작한  
 다(그림 1).

대부분의 집들은 펌프를 이용한 지하수 공급시설  
 을 보유하고 있으며 과거에는 마을에 몇 군데의 우  
 물이 있었으나 물의 공급이 부족하여 모두 폐쇄하고  
 집집마다 길이 10-20m 정도의 펌프관을 설치하여  
 사용하고 있다. 동쪽과 남쪽으로 산쪽에 위치한 10  
 여 가구를 제외하고는 모두 상수를 공급받고 있어

표 1. 지하수 수질분석 항목 및 방법

항 목	검 사 방 법
색, 탁도, 맛, 냄새, 일반세균, 대장균군, 과망간산칼륨소비량, 경도, 증발잔유물	음용수 수질기준법
pH	pH Meter
NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , K <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , Mg <sup>++</sup> , Ca <sup>++</sup>	Ion Chromatography
동, 철, 망간, 아연, 크롬, 카드뮴, 니켈	Atomic Absorption Spectrophotometer
수은	Mercury Analyser

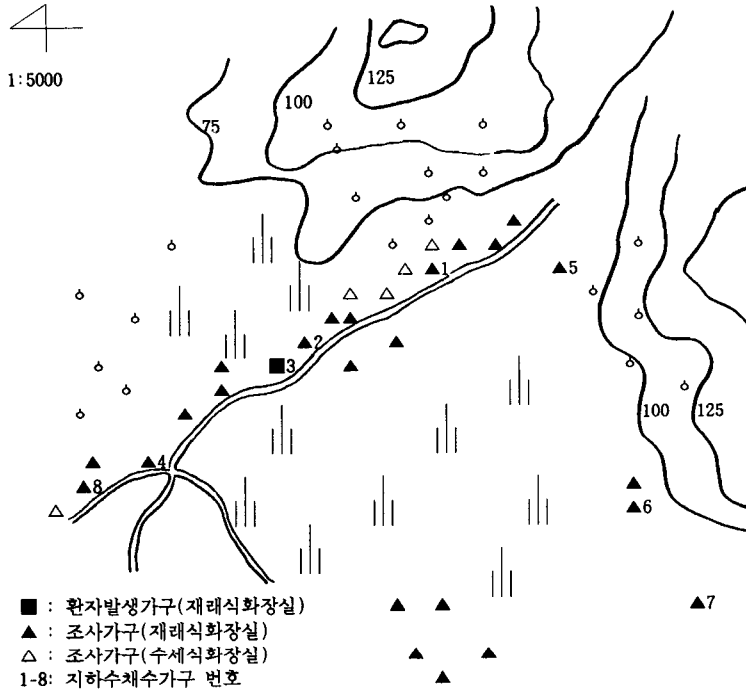


그림 1. 환자발생지역 조사가구 및 지하수채수 가구

대부분의 집들이 상수도과 지하수펌프 모두를 보유하고 있다. 조사가구중 1가구를 제외한 29가구가 지하수펌프를 보유하고 있으며 상수도과 지하수펌프를 모두 보유하고 있는 집은 21가구, 지하수펌프만 보유하고 있는 집은 8가구 이다. 이 가구들 중 상수도만 이용하는 4가구를 제외한 26가구가 지하수를 이용하고 있다(표 2).

음용수로 이용되는 물은 지하수(15가구), 상수(5가구), 북동쪽 산 넘어 위치한 약수(10가구) 등 이

며 지하수를 음용하는 15가구 중 6가구는 끓여서 음용하고 있다(표 3). 지하수를 이용하는 가구들의 지하수의 용도는 설것이(21가구), 음식조리(22가구), 음용(15가구) 등이며 지하수를 설것이에 이용하지 않는 가구중 4가구에서는 음용 및 조리에는 지하수를 이용하고 있다(표 4).

지하수를 이용하는 일부 주민들은 지하수에서 맛(11가구), 냄새(3가구)가 난다고 하였으며 색, 맛, 냄새가 모두 없고 괜찮다는 경우도 7가구 있었다

표 2. 조사대상 가구의 상수도 및 지하수펌프 보유 및 이용현황

보유현황	가구수	백분률(%)
상수도	1	3.3
상수도 및 지하수펌프		
┌ 상수도만 이용	3	10.0
└ 상수도 및 지하수펌프 이용	18	60.0
지하수펌프	8	26.7
계	30	100.0

표 3. 음용수의 종류

종 류	가구수	백분률(%)
지하수	15	50.0
상 수	5	16.4
약 수	10	30.3
계	30	100.0

표 4. 지하수의 용도

용 도	가구수	백분률(%)
설 것이	2	80.8
조 리	22	84.6
음 용	15	57.7
계	26	100.0

(표 5). 물맛이 있다고 한 경우 모두 짠맛이 난다고 하였으며 냄새는 쇠의 녹 냄새가 난다고 하였다.

음용수로 상수를 이용하지 않는 이유로는 상수가 오염된 것 같아 못 믿겠다(6가구), 상수는 끓여야만 마실 수 있다(2가구), 지하수가 좋다고 생각한다(3가구), 상수에서 소독약 냄새가 난다(1가구) 등으로 상수를 불신하는 가구가 8가구(53%) 이었다(표 6).

## 2. 지하수의 수질 분석결과

환자가 발생한 집의 지하수와 마을주민들이 음용하고 있는 약수를 포함한 인근 9곳의 지하수 수질

표 5. 지하수를 이용하는 주민들이 느끼는 지하수 특성

특 성	상 태	가구수	백분률(%)
색	없다	26	100.0
	있다	0	0.0
맛	없다	14	53.8
	있다	11	42.3
	모르겠다	1	3.8
냄새	없다	23	88.5
	있다	3	11.5
계		26	100.0

을 분석한 결과 모두 색도와 탁도는 없고 맛, 냄새도 적합한 것으로 나타났다(표 7). 9곳의 지하수 모두에서 수소이온농도, 염소이온, 과망간산칼륨소비량등은 허용기준 이내의 결과를 보였고, 암모니아 및 nitrite는 검출되지 않았지만 nitrate농도는 약수를 포함하여 3곳(5, 7, 9번)을 제외한 6곳에서 허용기준치를 초과 하였고 특히 환자가 발생한 집 지하수(3번)에서는 nitrate가 허용기준의 약 7배정도인 298.7mg/l 가 검출되었다. 또한 환자가 발생한 집의 지하수에서는 경도(316mg/l)와 증발잔유물(608mg/l)도 허용기준치를 초과하였지만 일반세균과 대장균은 검출되지 않았다. 8번 지하수의 경우 nitrate농도(252.5mg/l)가 높았을 뿐 아니라 일반세균수도 허용기준치를 초과하였고(220 마리/100 ml), 대장균도 검출되었으며 증발잔유물(665mg/l) 및 경도(289mg/l)도 높아 분석대상 지하수 중 가장 오염이 심하였다. 환자의 집 지하수와 8번 지하수 사이에 위치한 4번 지하수는 nitrate농도(147.2mg/l)만이 허용기준치를 초과하였고, 일반세균 및 대장균은 검출되지 않았으며, 경도(172mg/l) 및 증발잔유물(347mg/l)은 약간 높은 정도였으나 허용기준 이내의 수준이었다. 이외에 1, 2, 6번 지하수는 nitrate농도만 69.2-84.1mg/l 로 허용기준 보다 높았으며 다른 검사 결과는 허용기준 이내 수준이었다. 기타 중금속 검사는 9곳의 지하수 모두에서 허용기준 이내의 결과를 보였다.

## 3. 지하수 오염원의 추정

환자가 발생한 집 및 인근지역의 지하수에서 nitrate농도가 높게 나타남에 따라 오염원이 마을에

표 6. 음용수로 상수를 이용하지 않는 이유

이 유	가구수	백분률(%)
상수는 오염된 것 같아 못 믿겠다	6	40.0
상수는 끓여야만 마실 수 있다	2	13.0
지하수가 좋다고 생각한다	3	20.0
상수에서 소독약 냄새가 난다	1	6.7
무응답	3	13.3
계	15	100.0

표 7. 지하수 수질분석 결과

지하수명 항목(단위)	1	2	3#	4	5	6	7	8	9##
색도(도)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
탁도(도)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
맛, 냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
pH	6.4	6.5	6.0	6.3	6.6	6.3	6.5	6.4	6.2
NO <sub>3</sub> (mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	69.2*	84.1*	298.7*	147.2*	34.4	77.8*	30.9	252.5*	4.8
과망간산칼륨 소비량(mg/l)	0.6	1.8	1.2	1.2	3.3	3.1	2.5	7.5	미검
경도(mg/l)	123	115	316*	172	95	100	56	289	20
증발잔유물 (mg/l)	239	271	608*	347	165	218	123	665*	미검
일반세균 (마리/100mg/l)	음성	음성	음성	음성	30	70	90	220*	음성
대장균군	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	양성*	음성
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	27.8	29.1	74.1	43.5	12.6	36.3	14.5	108.9	2.6
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	14.0	23.9	44.3	8.1	10.3	7.5	4.2	47.7	5.0
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.3
K <sup>+</sup> (mg/l)	1.72	1.68	5.94	1.87	1.85	1.32	1.24	22.03	미검
Mg <sup>++</sup> (mg/l)	6.60	7.01	20.83	8.06	6.19	4.49	2.56	11.15	미검
Ca <sup>++</sup> (mg/l)	4.52	25.02	60.47	37.75	16.56	21.52	11.47	62.99	미검
Pb	0.05	0.08	0.19	0.09	0.001	0.023	0.003	0.003	0.09
기타중금속 <sup>Ⓜ</sup>	허용기준 이내	허용기준 이내	허용기준 이내	허용기준 이내	허용기준 이내	허용기준 이내	허용기준 이내	허용기준 이내	허용기준 이내

#: 환자가 음용한 지하수

##: 약수

\*: 허용기준초과

Ⓜ: 수은, 동, 철, 망간, 아연, 크롬, 카드뮴, 니켈

있을 것으로 추정하고 재래식 및 수세식 화장실 보유현황, 채소밭 및 과수원에 주는 거름과 비료 등 가능성 있는 오염원 유무를 조사하였다.

조사대상 30가구 중 25가구에서 재래식 화장실을, 나머지 5가구는 정화조가 있는 수세식 화장실을 사용하고 있었다(그림 1). 모든 재래식 화장실은 집 밖에 위치 하였으며 지하수펌프와의 거리는

15m 이내였고 가까운 곳은 5m 이내에 위치하였다. 재래식 화장실의 분뇨는 약 1-2달에 1번 분뇨수거차량을 이용하여 수거하고 있었고 퇴비에 이용하지는 않았다.

마을의 북쪽과 동쪽에 위치한 산 기슭에 있는 배과수원과 남쪽에 위치한 밭에는 봄과 가을에 1번씩 계분으로 거름을 주고 있으며 봄이 주된 거름시기이

다(표 8). 밭에는 계분거름시기 사이에 복합비료 혹은 요소비료를 1년에 2-3회 주고 과수원에는 7-8월에 한차례 정도 복합비료 혹은 요소비료를 주며, 겨울에는 밭에는 계분을 주기도 하지만 과수원에는 거름과 비료를 주지 않는다. 과수원과 밭에는 1년에 6~7회 정도 제초제와 진딧물약 등의 살충제를 살포한다.

현지조사 결과 이 외에 오염의 원인이 될 수 있는 가축사육장, 부패조 및 퇴비 등은 없었다.

#### 4. 주민의 건강상태 조사

환자의 메트헤모글로빈혈증의 원인이 nitrate로 오염된 지하수의 음용으로 밝혀져 조사대상가구에 대해 과거 영아의 청색증발생 유무를 설문조사하였으나 청색증이 있었던 가구는 없었다. 오염원이 재래식화장실의 인분이라면 설사의 과거력이 있을 수 있으므로 설사경험을 설문조사 하였다. 72명의 가구원중 최근 2달 전 설사를 경험한 사람은 10명 있었고 지하수를 이용하는 사람(19.4%)에서 상수(8.

표 8. 채소밭 및 과수원의 거름과 비료 주는시기

시 기	채소밭	과수원
봄	계분	계분
여 름	화학비료*	화학비료
가 을	계분	계분 혹은 거름하지 않음
겨 울	화학비료 혹은 계분 혹은 거름하지 않음	거름하지 않음

\*: 복합비료, 요소비료

표 9. 음용수 종류별 설사경험 과거력

음용수	설사경험과거력		계(%)
	있다(%)	없다(%)	
지하수	6(19.4)	25(80.6)	31(100.0)
상 수	1( 8.3)	11(91.7)	12(100.0)
약 수	3(10.3)	26(89.7)	29(100.0)
계	10(13.9)	62(86.1)	72(100.0)

$p = 0.499, \chi^2 = 1.389$

3%)나 약수(10.3%)를 이용하는 사람보다 많았으나 통계적으로 유의하지는 않았다( $p = 0.499$ )(표 9). 그리고 재래식 화장실을 이용하는 사람(19.2%)에서 수세식 화장실을 이용하는 사람(10.9%)보다 설사경험이 많았으나 통계적으로 유의하지는 않았다( $p = 0.324$ )(표 10).

본 조사에서는 오염된 지하수의 음용에 의한 메트헤모글로빈혈증의 유무를 알기 위해 가구원들 혈액의 메트헤모글로빈검사를 시행하였다. 조사대상중 신생아나 영아는 없었고 6세부터 15세의 소아 14명을 포함한 65명의 메트헤모글로빈의 농도를 측정(IL482 CO-OXIMETER)한 결과 모두 정상범위였다.

## IV. 고 찰

19세기 중반에도 심장질환이나 폐질환으로 설명될 수 없는 청색증에 대한 보고가 있었고 메트헤모글로빈과 sulfhemoglobin이 혈액의 색깔 변화와 관계가 있을 것으로 생각하였지만 메트헤모글로빈과 sulfhemoglobin의 확실한 구분은 분광검사법이 적용된 후에 가능하게 되었으며 이때부터 혈액의 색깔 변화를 초래하는 여러 화학물질 및 약제가 밝혀졌다(Lukens, 1987).

메트헤모글로빈은 정상 적혈구에서 계속 형성되거나 NADH cytochrome  $b_5$  reductase와 환원형 NADP의존성 cytochrome  $b_5$  reductase에 의해 헤모글로빈으로 환원되어(Lukens, 1987) 정상인에서 약 1~2%를 유지하며 연령에 따라 약간의 차이가 있다(Kravitz 등, 1956). 진통제, benzocaine(Haggerty, 1962), prilocaine 등의 마취제, 염료,

표 10. 화장실종류별 설사경험 과거력

화장실	설사경험과거력		계(%)
	있다(%)	없다(%)	
재래식	5(19.2)	21(80.8)	26(100.0)
수세식	5(10.9)	41(89.1)	46(100.0)
계	10(13.9)	62(86.1)	72(100.0)

$p = 0.324, \chi^2 = 0.971$

크레올, 소독제 등의 aniline유도체, hydralazine, nitroprusside 등의 고혈압제, 향말라리아제제, nitrate/nitrite(Comley, 1945) 등과 pyridium (Sand 등, 1968), sulfonamides, ethylenediamine-tetraacetate, naphthalene, vitamine K, mothballs, phenytoin, metoclopramide, dinitrophenol, potassium chlorate 등의 약제 및 산화제는 메트헤모글로빈의 형성을 증가시켜 후천적 메트헤모글로빈혈증을 일으킨다.

1945년 Comly에 의해 고농도의 nitrate로 오염된 물의 음용에 의한 메트헤모글로빈혈증이 처음 발표된 후 오염된 우물물의 음용에 의한 청색증환자의 증례보고가 많이 있었다(Marcus 등, 1949; Bucklin 등, 1960; Haggerty, 1962; Joseph 등, 1965; Miller, 1971; Johnson 등, 1987). 미국의 일개지역에서 30개월 동안 144명의 환자가 발생하여 14명이 사망하는(Rosenfield 등, 1950) 등 메트헤모글로빈혈증의 지속적인 보고 및 홍보에도 불구하고 현재도 오염된 우물물은 영아 메트헤모글로빈혈증의 흔한 원인이다.

고농도의 nitrate가 함유된 물을 음용 하였을 때 영아기에서만 문제가 된다. 영아가 메트헤모글로빈혈증의 감수성이 높은 이유는 첫째, 신생아에서의 NADH cytochrome b<sub>5</sub> reductase의 활동성은 성인보다 미약하며 연령에 따라 증가하여 생후 약 6개월경에 성인과 비슷한 수준에 도달하고(Choury 등, 1983; Lukens, 1987) 둘째, 신생아에서는 위액의 산도가 높아 nitrate 환원균이 상부위장관에서 성장하게되어 nitrate가 완전히 흡수되기 전에 nitrite로 환원되어 흡수된다(Cornblath 등, 1948).

환자의 병원기록에 의하면 환자에서 채취한 혈액의 색깔로 메트헤모글로빈혈증을 의심할 수 있었으며 내원 당일 측정된 높은 메트헤모글로빈치로 확진할 수 있었다. 이학적 검사, 혈액검사 등에서 선천적 원인을 발견할 수 없었고 다만 청색증과 관련된 과거력으로 오염된 우물물의 nitrate에 의한 메트헤모글로빈혈증으로 생각하고 역학조사를 시작하였다. 수질조사 결과 환자가 음용 하였던 지하수의 nitrate는 298.7mg/l로 이에 의한 메트헤모글로빈혈증 임을 밝혔다. 또한 주의의 다른 지하수 5곳의 수질검사에서도 nitrate가 허용기준치보다 높아 그

지역에 오염원이 있을것으로 생각하였다.

토양과 지표 및 지하수에는 동식물의 단백질, 동물의 배설물 등에 의해 nitrate가 형성되어 존재하며 또한 암모니아이온이 산화되어 nitrite와 nitrate가 생성되지만 매우 낮은 농도를 유지하고 있다. 우리의 환경에 존재하는 대부분의 nitrate는 sodium nitrate, urea 등을 포함하는 화학비료, 동물의 배설물 등이 주된 원인이며 이외에 도시, 산업, 교통수단의 폐기물 등에 의한(IPCS, 1978). 이러한 오염원이 존재하는 곳에서 우물물의 잘못된 위치, 부실한 공정 등으로 nitrate로 오염된 지표수가 지하수로 스며들고 또한 화학물질, 미생물 등으로 오염된다. 그리고 이러한 현상은 장마나 홍수때 부근 농경지로부터의 범람으로 발생하기도 한다.

조사지역은 북쪽 및 동쪽 산기슭의 배 과수원과 남쪽의 채소밭 사이에 위치하며 과수원과 밭에는 1년에 3~4회 거름주기와 비료살포를 한다. 지하수를 채취한 9곳중 nitrate가 허용치보다 높은 6곳의 위치조건이 과수원과 채소밭까지의 거리를 제외하고 모두 비슷하며 거름과 비료에 의한 폭로조건도 비슷하기 때문에 거름주기와 비료살포 등에 의한 지하수 오염을 생각할 수 있었다. 그러나 복합비료, 요소비료 등의 원인으로 생각하기에는 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>와 칼륨치가 낮아 계분의 오염에 의한 nitrate 증가를 생각하였다. 그러나 같은 장소에 시기만 다르게 사용된 계분 혹은 화학비료의 확실한 원인으로서는 인과관계를 위해 거름과 비료 살포시기를 고려한 지하수 수질의 주기적인 추적검사가 필요할 것으로 사료되었다.

또한 재래식 화장실의 위치 및 보유현황의 결과로 인분에 의한 오염을 생각할 수 있었으나 일반세균이 검출되지 않았거나 수가 적고 1곳의 지하수를 제외하고 대장균이 검출되지 않은 점, 주민들의 과거력상 설사증상이 있었으나 이용하고 있는 음용수 및 화장실 종류와는 통계적으로 유의한 차이가 없는 점 등으로 인분에 의한 지하수 오염은 아닌 것으로 사료되었다. 그러나 지하수를 이용하거나 재래식 화장실을 이용하는 사람에게 설사의 기왕력이 많아 오염원으로서의 가능성을 완전히 배제할 수는 없었다.

마을의 북동쪽 끝에 약간 높은 곳에 위치한 1곳은(지하수 5번) 인형을 제작하는 영세공장이며 스티로폼에 접착제(아크릴산 에스테르 초산비닐)를 이



용하여 털실을 붙이는 작업만 이루어지고 있어 이곳의 폐기물에 의한 오염은 아닌 것으로 사료되었다.

마을의 남서쪽은 지대가 낮아 배수가 그 방향으로 되고 있고 수질검사가 이루어진 9곳의 지하수중 3번, 4번, 8번이 특히 nitrate의 함량이 높고 낮은 위치에 있어 토양의 오염이 남서쪽 지하수에 더 많이 영향을 주었을 가능성이 있으나 이는 지하수맥도를 참조하여 확인해야 할 것으로 사료된다.

우리 나라에서 메트헤모글로빈혈증은 대부분 DDS(diaminodiphenyl sulfone)에 의한 것이 보고되었고(신학휴 등, 1982; 어희선 등, 1983) phenacetin등의 약물에 의한 것도 보고되었지만(신학휴 등, 1982) 오염된 지하수의 음용에 의한 것은 없었다. 그러나 영아에서 메트헤모글로빈혈증의 원인을 알 수 없었던 경우가 있어(방수학 등, 1982) 과거 우리 나라에도 오염된 지하수 음용에 의한 환자가 발생하였지만 병원을 방문하지 않아 진단되지 않았거나 역학조사를 하지 않아 원인을 알 수 없는 것으로 분류되었을 가능성이 있다. 1981년 미국의 경우 일부지역 1000개의 우물물중 27%가 환경청의 nitrate의 허용기준치를 초과하였다는 보고(Johnson 등, 1987)도 있어 환경과 조건은 다르지만 우리 나라에서 S지역 뿐만 아니라 비슷한 환경의 다른 지역의 지하수도 오염되었을 가능성이 있다.

결론적으로 S지역의 지하수는 주위에 위치한 오염원에 의해 오염되었을 뿐만 아니라 마을에는 대부분 상수가 보급되었음에도 상수를 불신하고 지하수를 음용하여 환자가 발생하였을 것으로 사료된다. 서울시 외곽지역 및 농촌지역에는 위와 같은 조건의 지역이 많을 것으로 생각되어 환자의 발생과 오염된 지하수의 음용을 예방하기 위해 이에 대한 환경역학적 조사 및 모든 지하수의 안전도 검사가 시행되어야 할 것이다. 그리고 nitrate로 오염된 지하수의 음용에 의한 메트헤모글로빈혈증은 예방할 수 있을 뿐만 아니라 치료될 수 있지만 지하수에 의한 청색증의 원인이 밝혀진 약 48년이 지난 현재도 영아사망 원인의 일부분이며, nitrate는 영아 메트헤모글로빈혈증의 흔한 원인임을 상기하여야 할 것이다.

## V. 결 론

1993년 1월 서울 S지역에 영아 메트헤모글로빈혈증 환자가 발생하여 원인구명을 위해 현지를 방문하여 실시한 역학조사의 결과는 다음과 같다.

1. 환자가 음용한 지하수의 수질검사 결과 nitrate농도가 높아(298.7mg/l) 메트헤모글로빈혈증의 원인은 오염된 지하수 인 것을 밝혔다. 또한 마을내 다른 7곳의 수질검사 결과 이중 5곳에서 nitrate농도가 높았다.

2. 지하수의 오염원으로 재래식 화장실의 인분, 인근 과수원과 채소밭의 계분 혹은 비료를 생각할 수 있었다.

3. 주민의 건강상태 평가를 위해 가구원을 대상으로 과거력을 조사한 결과 청색증 환자의 발생은 없었으며 가구원 65 명에 대한 혈액검사결과 메트헤모글로빈치는 정상범위였다.

결론적으로 S지역의 지하수는 주위에 위치한 오염원에 의해 오염되었으며 거름으로 사용한 계분이 가장 가능성 있는 오염원으로 생각되었다. 그리고 마을에는 대부분 상수가 보급되었음에도 지하수를 음용한 결과 메트헤모글로빈혈증 환자가 발생한 것으로 사료되어 환자의 발생과 오염된 지하수의 음용을 예방하기 위해서는 이에 대한 환경역학적 조사, 모든 지하수의 안전도 검사 및 올바른 보건의식을 위한 홍보 등을 시행하여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 방수학, 백운성, 정사준. Methemoglobinemia의 임상적 관찰 인간과학 1982; 6(1): 31-36  
신학휴, 정철권, 신명희, 오지섭. Methemoglobin 혈증의 임상적 관찰 소아과 1982; 25(11): 1131-1139  
어희선, 조관휘, 김길영, 윤덕진. D.D.S.약물로 인한 메트헤모글로빈 혈증에 관한 임상적 연구 소아과 1983; 26(3): 45-52  
Bucklin R, Myint MK. Fatal methemoglobinemia

- due to well water nitrates. *Ann Intern Med* 1960; 52: 703-705
- Chanlett ET. *Environmental protection*. New York, McGraw-Hill, 1979
- Choury D, Reghis A, Pichard AL, et al. *Endogenous proteolysis of membrane-bound red cell cytochrome b<sub>5</sub> reductase in adults and newborns: Its possible relevance to the generation of the soluble methemoglobin reductase*. *Blood* 1983; 61: 894-898
- Comley HH. *Cyanosis in infants caused by nitrates in well water*. *JAMA* 1945; 129: 112-116
- Cornblath M, Hartmann AF. *Methemoglobinemia in young infants*. *J. Pediat.* 1948; 33: 421-425
- Haggerty RJ. *Blue baby due to methemoglobinemia*. *New Eng J MED* 1962; 267: 1303
- IPCS. *Environmental health criteria. Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds*. WHO, Geneva, 1978
- Johnson CJ, Pamela AB, Terrance LD et al. *Fatal outcome of methemoglobinemia*. *JAMA* 1987; 257(20): 2796-2797
- Joseph V, Sherman W, William SH, Leland RK. *Nitrates in municipal water supply cause methemoglobinemia in infant*. *Public Health Reports* 1965; 30(12): 1119-1121
- Kravitz H, Elegant ID, Kaiser E, Kagam BM. *Methemoglobin values in premature and mature infants and children*. *Am. J. Dis. Child* 1956; 91: 1-5
- Lukens JN. *The Legacy of well water methemoglobinemia*. *JAMA* 1987; 257(20): 2793-2795
- Mancas H, Joffe JR. *Nitrate methemoglobinemia*. *New Eng J Med* 1949; 240(15): 599-602
- Miller LW. *Methemoglobinemia associated with well water*. *JAMA* 1971; 216(10): 1642-1643
- Nelson D, Siegel J, Pieterick C. *The Big Sioux aquifer water quality study: Prevention of contamination of rural domestic wells by proper location and construction*. Brookings, SD, East Dalcota conservancy subdistrict, pamphlet 3, 1984
- Rosenfield AB, Huston R. *Infant methemoglobinemia in Minnesota, due to nitrates in well water*. *Bull Univ Minn Med Found* 1950; 21: 315-338
- Sand R, Edelmann CM Jr. *Pyridium induced methemoglobinemia: Report of a case*. *J. Pediat.* 1968; 58: 845-858
- Roediger WEW, Lawson MJ, Nance SH, Radcliffe BC. *Detectable colonic nitrite levels in inflammatory bowel disease-mucosal or bacterial malfunction?* *Digestion* 1986; 35: 199-204
- William HM. *Acquired methemoglobinemia*. *Pediatrics in Review* 1990; 12(3): 90-91