

수액제에 유입되는 실내 유기오염물질의 거동

Behavior of Indoor Organic Pollutants Dissolved into the Ringer's Solution

김 만 구 · 정 영 림
강원대학교 자연과학대학 환경학과
(1996년 2월 2일 접수, 1996년 5월 20일 채택)

Man-Goo Kim, Young-Rim Jung
Department of Environmental Science, Kangwon National University
(Received 2 February 1996; accepted 20 May 1996)

Abstract

Recently, hospital acquired infections have an increase interest as a public problems, which are caused of indoor pollutants in hospital. Microorganisms, ethylene oxide, formaldehyde, and anesthetic gases are main hazardous pollutants in hospital. The possible pathways of the infection are a respiratory channel as well as a blood channel. The blood channel is concerned since these pollutants might be dissolved into the Ringer's solution. The objective of this research was to evaluate the removal efficiencies of adsorption trap for formaldehyde and microorganisms as indoor pollutants which permeated into the Ringer's solution.

Dissolved formaldehyde in the solution was increased with the injection dose time. The amount of dissolved formaldehyde was $67.5 \pm 9.5\%$ in Ringer's solution when injection dose time was controlled about 7 hrs. An adsorption trap was designed for preventing formaldehyde and microorganisms to be permeated into Ringer's solution. The adsorption trap was packed with 0.4 g of active carbon (60/80 mesh) in a sterilized plastic tube (7.79 cm length, 0.46 cm i.d.) and both ends were packed with glass wool.

Devised infusion set equipped with the adsorption trap showed 99.9% of removal efficiency for formaldehyde. Microorganism numbers detected on sterilized water for injection and 5% dextrose infusion used in the hospital were $2,695 \times 10^3$ cells/l and $4,190 \times 10^3$ cells/l, respectively. Removal efficiency by the adsorption trap was $92.3 \pm 8.5\%$ as for microorganisms.

Key words : indoor air pollution, Ringer's solution, hospital infection, formaldehyde, microorganism

1. 서 론

병원내 환경오염으로 인한 병원감염 (hospital acquired infection) 문제가 사회문제로 대두되고 있어 병원내 환경오염에 관한 예방대책이 시급한 실정이다.

병원의 실내 공기 중에 포함된 오염물질로는 미생물, 에틸렌 옥사이드, 포름알데히드, 마취성가스 등이 대표적인 물질들이다 (김윤신, 1992). 이러한 오염물질은 주로 호흡기를 통하여 유입되며 신생아나 노인층 특히 면역성이 떨어진 환자들에게는 오염물질의 양이 미량이라도 할지라도 치명적인 피해를 가져올 수 있다 (김만구와 정

영립, 1995).

포름알데히드가 인체에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 없으나, Eells 등 (1981)이 조사 연구한 논문에 의하면 120 ml의 포르말린 (37%, w/v)을 섭취한 40대 여성의 경우 체내에서 포름산으로 빠르게 전환되어 혈중 CO₂ 농도가 높아지는 대사 산성증을 나타내 24시간 만에 사망한 것으로 알려져 있다. 이러한 포름알데히드는 병원내에서 마취과, 수술실, 응급실에서 살균방부제로 사용되고 있는 포르말린이 공기 중으로 방출되어 생성되는 것이 많다 (김만구와 정영립, 1995).

병원내 오염물질 중 미생물은 기체상의 오염물을 생성하므로써 직접적으로 대기오염에 기여하기도 하며, 미생물 자체가 호흡기 계통에 병을 일으키거나 알레르기 반응을 유도하기도 한다. 병원내에서 가장 다양하게 발생되고 전파되어 병원감염의 주원인이 되는 것은 미생물성으로서 박테리아 (bacteria), 바이러스 (virus), 균류 (fungi) 등이 있는데, 박테리아는 0.3~35 μm , 바이러스는 0.003~0.5 μm 의 크기를 갖고 있어 기체상 오염물질과 함께 수액샐트의 공기 유입구를 통해 수액속으로 유입된다. 또한, 실내에서 서식하고 있는 미생물들은 환기가 불충분하고 질 (quality)이 좋지 않은 공기를 재순환하는 경우가 많을 때 그 농도가 증가하게 된다 (김만구 등, 1995).

병원에서는 에어컨 사용이나 살균제 살포 등으로 인해 미생물성 박테리아 등이 발생되어 리저넬라병 (Legionnaire's disease)이나 폰티악병 (Pontiac fever) 등이 발생되며 병원의 환기장치를 통하여 결핵균 (TB), 총역균 (Measles) 및 연쇄상구균 (Staphylococci)이 옮겨질 수 있어 병원내 질병발생을 촉진시킬 수 있다. 또한 사람의 기침이나 재채기 때에도 호흡기관에 존재하던 미생물이 유출되는데 병원성 세균과 바이러스의 호흡기 감염에 중요한 전달 방법이 된다. 이렇게 공기 중에 부유하고 있는 세균은 호흡기관 등에 균주화되기도 하며, 낙하되어 물품이나 수술부위 등을 오염시켜 병원감염을 초래할 수도 있다.

일반적으로 병원내 감염증의 10~20%는 공기 감염에 의한 것이고 병원내 감염증의 발생빈도는 병원입원환자의 2.8~15% 정도로 알려져 있다 (김윤신, 1992). 병원내 감염과정은 여러가지 과정을 통해서 일어날 수 있으나, 이제까지는 호흡기 및 주사기 등 의료용기를 통한 병원감염과정에 대하여 관심이 집중되어 왔다. 그러나, 병원내에 존재하는 미생물이나 환경오염물질들이 호흡기 이외에 환자들에게 투여되는 수액에 용해되거나 포함되어 환자의 혈관내로 직접 침투할 수 있는 가능성도 매우

높다 (김만구와 정영립, 1995).

현재 병원에서 사용되고 있는 수액제의 투여 방법은 그림 1에 나타난 것과 같이 크게 세가지가 있다. 병실의 실내 공기를 그림 1-(a)와 같이 전혀 정확하지 않은 병실내 공기를 수액의 유도와는 별도로 주사바늘과 유리관을 통하여 수액용기 속으로 공급하여 수액제를 투여하는 방법, 그림 1-(b)와 같이 공경 (pore size) 1.2~3 μm 인 여과지를 부착하여 여과한 병실내 공기를 수액용기 속으로 공급하는 투여 방법이 있다. 이 방법은 흡인 공기 유도와 수액 배출 유도가 같은 몸체에 있기 때문에 수액 바늘을 하나만 꽂아도 되는 편리한 면이 있으나, 위생적인 관점에서 보면 흡인공기가 수액의 밑 부분부터 수액 속을 통과하여 수액용기 상단까지 수액과 접촉하게 되므로 여과지로 제거되지 않는 병실내 공기 중 크기가 작은 미생물 (특히 바이러스)과 유기물질 등이 수액제와 접촉시 수액속으로 흡수되어 별도의 유로를 사용하는 그림 1-(a)의 방법보다 비위생적이라고 생각된다.

최근 국내에서도 그림 1-(c)와 같이 신축성 있는 합성수지로 만든 수액용기 (Safe-flex® bag)가 사용되고 있다. 이 수액용기는 유연하여 용기내로의 외부공기 유입없이 수액제를 투여할 수 있다. 그러나 수액제에 별도의 주사제를 혼합하여 투여할 때에는 이 수액용기도 병실 공기와의 접촉을 피할 수 없고, 용기가 합성수지이기 때문에 포도당 주사액 이외의 지질 수액제, 전해질 제제, 혈장 증류 혈류 개선제 및 혈장 증류제 등의 투여시에는 수액제 성분이 용기벽에 흡착하기 때문에 주로 포도당 수액 투여용기로만 널리 사용되고 있다.

현재 가장 널리 사용되고 있는 수액투여방법은 그림 1-(b)의 방법으로 정확하지 않은 병실내 공기가 수액제와 접촉하므로 병실내 기체상 오염물질이나 미생물이 수액제에 흡수될 가능성이 매우 높다. 그러므로 이러한 수액투여방법은 수액제를 통한 병원감염이 일어날 가능성이 있다 (김만구, 1993).

본 연구에서는 수액제에 유입되는 기체상 유기오염물질 중 포름알데히드와 미생물성 물질이 수액제에 용해 또는 유입되는 정도를 알아 보았으며, 수액샐트의 공기 흡입구에 흡착트랩을 제작, 장착시켜 그 제거효율을 검토해 보았다.

2. 실험방법

2.1 포름알데히드

2.1.1 표준기체의 제조 및 실험장치

포름알데히드 표준기체는 20 l의 Tedlar bag에 고순

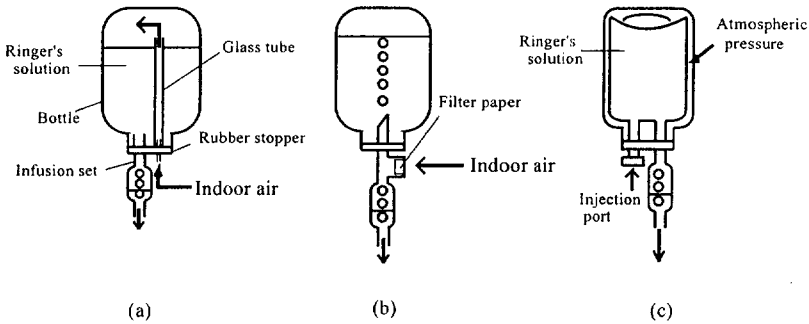


Fig. 1. Various injection methods of Ringer's solution.

- (a) : Glass bottle with different path between Ringer's solution and draw air
- (b) : Glass bottle with same path of Ringer's solution and draw air
- (c) : Flexible plastic bag

도 질소 6 l와 포르말린용액 (35% w/v, Wako 특급) 10 μ l를 넣고, 110°C 오븐에서 1시간 동안 기화시켜 약 170 ppbv의 농도를 제조하여 사용하였으며, MBTH 발색법 (Lodge, 1988)으로 농도를 확인하였다. 포르말데히드의 농도는 MBTH 발색법의 검출한계와 시료의 부피를 고려하여 170 ppbv로 정하였다.

본 연구에서는 시판되는 현행 수액 투여세트 (Code 530, 대야양행)의 공기 흡인구에 포르말데히드 표준기체가 들어 있는 Tedlar bag을 직접 연결해서 링겔병내로 유입되는 포르말데히드 양을 측정하였다. 수액은 시판되는 주사용 증류수와 5% 생리식염수 (중외제약)를 사용하였고 수액 투여장치로 투여시간을 조절하였다. 일반적으로 1 l의 수액을 환자에게 투여하는데 6~8시간 소요되는 것을 기초로 본 연구에서는 수액 투여시간을 7시간으로 조정하였다. 조절된 시간 중 병에서 나온 수액은 1 l 플라스크에 모았고, 이 과정에서 공기중의 포르말데히드가 유입되지 않도록 플라스크 마개에 위생백을 설치하였다.

2. 1. 2 포르말데히드의 정량

포르말데히드의 정량은 MBTH 발색법으로 하였다. 링겔병에 유입된 공기 중 수액에 용해되지 않고 링겔병내에 남아 있는 포르말데히드의 정량은 수액이 다 빠져나간 빈 링겔병을 밀봉해서 0.05% MBTH용액 25ml를 링겔병에 주입한 후 2분간 격렬히 흔든 후 1시간 방치했다. 이 링겔병에서 10 ml를 취해 25 ml 메스플라스크에 옮긴 후 산화시약 (oxidizing reagent) 2 ml를 첨가하여 15분간 방치한 다음에 파장 628 nm의 흡광도에서 측정했다.

Tedlar bag과 vinyl bag에 들어 있는 포르말데히드

의 정량은 삼방콕크가 달려 있는 50 ml 유리주사기에 증류수 15 ml를 주입한 후 여기에 Tedlar bag에서 취한 포르말데히드 기체 10 ml를 주입한 후 2분간 격렬히 흔들어 주고 25 ml 메스플라스크에 옮기고 주사기에 증류수 5 ml를 주입한 후 주사기에 남아 있는 용액을 씻어 25 ml 메스플라스크에 넣는 것을 2회 실시했다. 여기서 10 ml를 취해서 다른 25 ml 메스플라스크에 옮겨서 0.05% MBTH용액으로 mass up 시켜 1시간 방치 후 상기와 같은 방법으로 하였다.

배출된 수액 1 l에 용해되어 있는 포르말데히드의 양은 배출된 수액 10 ml를 취하여 상기 방법으로 분석하였다.

2. 1. 3 흡착트랩 제작

그림 2는 현행 수액투여 장치에 흡착트랩을 장착한 모식도이다. 흡착트랩은 1cc용 플라스틱 튜브(길이 7.79 cm, 내경 0.46 cm)에 활성탄 (60/80 mesh, GL science)을 약 0.4 g 충전시키고 양쪽을 glass wool로 막아서 사용하였다. 흡착트랩은 사용하기 편리하고 되도록 단가가 낮은 흡착제를 선택해서 제작하였다. 포르말데히드 표준기체가 들어 있는 Tedlar bag과 수액세트의 공기 흡인구 사이에 흡착트랩을 장착하여 흡착관의 성능을 검토하여 보았다.

2. 2 미생물

2.2.1 실내 공기 중 미생물 채취 및 측정

대기 중의 미생물을 측정하는 방법에는 크게 직접 계수법과 배양 계수법이 있다. 배양 계수법에는 미생물의 중력 침강을 이용한 GSC (gravity settling culture) plate방법과 관성충돌의 원리를 이용한 Andersen's

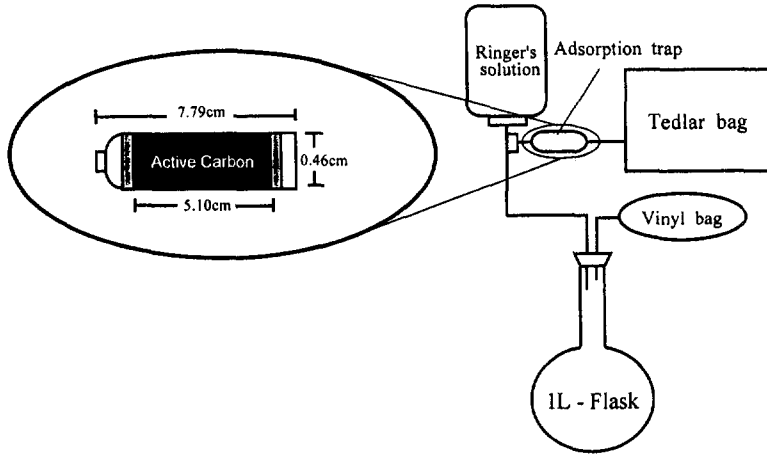


Fig. 2. Schematic view of experimental system using the devised infusion set equipped with adsorption trap.

SICSVA (sequential impaction cascade sieve volumetric air) sampler방법이 있다 (Buttner and Stetzenbach, 1993; Sayer *et al.*, 1972; Greene *et al.*, 1962). 직접 계수법에는 형광현미경을 이용해 Acridine orange로 미생물을 염색한 후 측정하는 총세균수 (total bacterial numbers)법이 있다.

이 두 방법으로 같은 시료의 미생물을 측정했을때 직접 계수법이 배양계수법보다 약 100~1000배 많이 계수되어 진다. 그 이유는 배양 배지의 기질농도가 부적당하고, 세포가 인접해 있는 다른 세포에 의해 저해를 받아서 군체를 형성하지 못하는 등의 이유때문이다. 그러나 직접 계수법은 죽은 미생물과 살아 있는 미생물의 구분 없이 모두 계수하는 단점을 가지고 있다 (권오섭 등, 1993).

본 연구에서는 위의 두 방법 중 직접 계수법인 형광현미경을 이용한 총세균수법으로 실내 공기 중에 포함되어 있는 미생물을 측정하였다.

실내 공기 중에 포함되어 있는 미생물의 채취는 채취기에 polycarbonate membrane filter (pore size 0.2 μm , ϕ 25 mm, black color, nuclepore)를 설치하고 채취시 고른 분포를 위해 cellulose nitrate membrane filter (pore size 0.45 μm , ϕ 25 mm, white color, nuclepore)를 지지 필터로 사용했다. 흡입공기는 진공펌프 (Model No. 400-1901, Barnant Co.)를 사용하여 보정된 유량계를 통해 등속흡인 유량을 0.4 l/min으로 하여 2시간 동안 포집하였다.

2.2.2 수액제에 유입되는 미생물 측정

그림 3은 현행 수액투여장치와 본 연구에서 제작한 흡착트랩을 장착한 수액투여장치를 통해 수액제에 유입되는 미생물을 비교한 실험 모식도이다. 병원에서 사용하는 멸균, 밀봉된 증류수와 5% 포도당 수액제 (중외제약)를 시중 약국에서 구입하여 각각 2병을 설치해 놓고 한병은 현행 수액세트 (Code 503, 대야양행)를, 다른 한병에는 수액세트에 제작한 흡착트랩을 수액세트의 공기 유입구에 장착시켜 수액제로 유입된 미생물을 서로 비교 검토해 보았다. 수액투여시간은 7시간으로 조절하였다.

수액셋트를 통해 수액제에 유입된 미생물 측정은 실내 공기 중 미생물 측정과 같은 총세균수 방법으로 하였다. 수액셋트를 통해 7시간동안 빠져나온 수액 1l를 멸균해서 밀봉한 1l 링겔병에 받아서 그중 100 ml를 polycarbonate membrane filter (pore size 0.2 μm , ϕ 25 mm, black color, nuclepore)에 여과시켰다. 그림 4는 실내 공기로부터의 오염을 최대한 배제한 실험 모식도이다. 모든 여과기구는 멸균하였고, 염색시약은 사용하기 전에 0.2 μm 멤브레인 필터로 여과해 최대한 오염을 배제 하였다. 공시험액은 멸균된 20 ml 플라스틱 주사기로 병원에서 사용하는 멸균, 밀봉된 증류수와 5% 포도당 (중외제약)을 각각 100 ml씩 취해 여과시켰다. 시료여과시 실내 공기에 포함된 미생물이 유입되는 것을 막기 위해 여과장치에 실리콘 마개로 막고 고순도 질소 (99.999%)를 채운 위생팩을 연결해서 감압되는 것을 방지했다.

시료 여과시의 압력은 178 mmHg를 넘지 않도록 하였고 여과시 고른 분포를 얻기 위해 0.45 μm 멤브레인

필터를 지지 필터로 사용하였다. 시료를 여과한 후에 2mM-acridin orange 용액 (C₁₇H₂₀Cl₃N₃Zn, Merck) 0.5 ml를 넣어 filter가 완전히 잠기게 하여 5분 이상 염색하였다 (Pomroy, 1984). 염색된 필터는 염색시약을 여과한 다음 오일 (비 형광)로 유침하여 슬라이드 글라스위에 고정시킨 후 형광현미경 (Olympus BH2)으로 ×1,250배율하에서 검경하여 필드에 나타난 총세균수를 측정하였다. 총세균수는 20개 필드로부터 얻은 균체수의 평균값으로 구하였으며, 식은 다음과 같다.

$$TBN \text{ (cells/ml)} = \frac{(A_0 \times F_1)}{(F_2 \times F_3)}$$

여기서, A₀ : average cell number in field

F₁ : filter area

F₂ : field area

F₃ : filtered sample volume

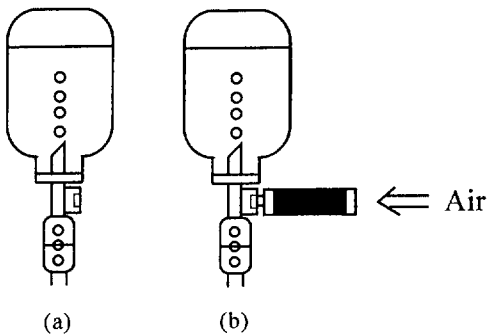


Fig. 3. Comparison of a normal infusion set (a) and the devised infusion set equipped with adsorption trap (b).

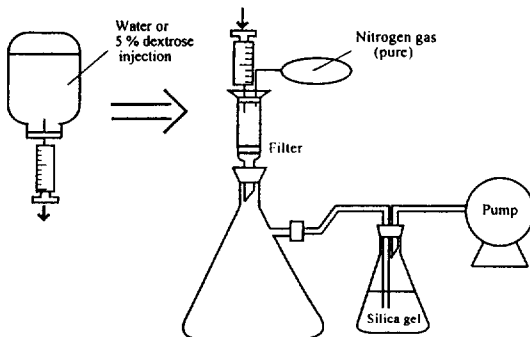


Fig. 4. Schematic view of experimental system for measuring total bacterial number in Ringer's solution passed through the infusion set.

3. 결과 및 고찰

3.1 포름알데히드

3.1.1 분석법의 재현성

MBTH 발색법에 의해 포름알데히드는 0.01~0.06 µg/ml의 농도범위에서 R=0.99의 좋은 상관관계와 직선성을 나타냈다. 또한 각각의 농도에서 상대표준편차 (RSD)가 0.60~3.96%의 범위로 5% 미만의 비교적 좋은 재현성을 나타냈다.

3.1.2 Tedlar bag내 포름알데히드의 흡착정도

Tedlar bag안에서 포르말린을 기화시킨 포름알데히드 표준기체의 제조방법은 paraformaldehyde를 이용한 연속 제조방법 (Maeda and Munemori, 1986)에 비하여 조제가 간단하다. Tedlar bag은 대기 중 포름알데히드 시료 포집에 사용되기도 하는데 Andlnod 와 Bulter (1991)에 의하면 60 l Tedlar bag에 넣은 포름알데히드 표준기체의 회수율은 6시간, 25시간 경과 후 각각 95%, 87%로 나타났다.

본 연구에서 제조한 포름알데히드 표준기체의 Tedlar bag내 안정성에 대한 검토 결과에서는 10시간 경과 후 회수율이 97.2±18.6%로 나타나 bag내의 흡착에 의한 농도변화는 관찰되지 않았다. 이는 포름알데히드 표준기체 제조시 Tedlar bag내에 포르말린을 주입한 후 dry oven내에서 기화시킬 때 이미 Tedlar bag내에 흡착이 되었기 때문에 농도변화가 없었던 것으로 생각된다.

3.1.3 수액투여시간에 따른 포름알데히드의 수액내 유입정도

환자의 건강상태에 따라 투여되는 수액제의 종류는 매우 다양하다. 그러나 대부분의 환자들에게 생리 식염수를 기본 기질로 하는 수액제가 많이 투여된다. 본 연구에서는 증류수와 생리 식염수에 대한 포름알데히드의 용해율을 비교해 보았다.

수액 투여속도를 16.7 ml/min으로 하였을때는 증류수와 생리식염수에 모두 포름알데히드의 47%가 수액으로 용해되어 들어 갔으며, 4.12 ml/min의 투여속도에서는 61%의 포름알데히드가 수액으로 용해되었다. 그리고 일반적인 수액 투여속도인 약 2.4 ml/min (1 l 수액을 7시간 동안 투여)에서는 유입공기 중에 포함된 포름알데히드 중 약 68%가 수액속으로 용해되었다. 이와 같이 포름알데히드의 용해율에 영향을 미치는 것은 수액 투여속도이며, 증류수나 식염수에 따른 용해율의 변화는 나타나지 않았다.

그림 5는 수액투여시간에 따라 포름알데히드가 수액(중류수)과 headspace에 유입되는 비율을 나타낸 것으로 빗금친 부분은 수액이며 검은 부분은 headspace이다. 여기서 headspace란 수액이 빠져나간 후 링겔병안에 공기로 치환된 부분을 의미한다. 수액속으로 용해되는 포름알데히드의 양은 수액 투여시간에 비례하여 증가하였고, 수액 1/를 7시간에 걸쳐 투여했을때 링겔병내로 유입된 포름알데히드의 67.5±9.5%가 수액으로 용해된 것으로 나타났다.

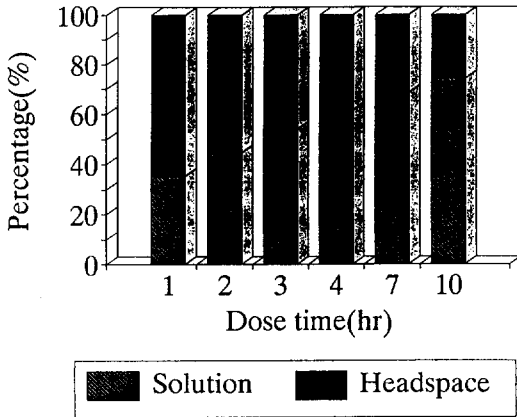


Fig. 5. Effect of dose time for the amount of dissolved formaldehyde in the Ringer's solution.

3.1.4 흡착트랩에 의한 포름알데히드의 제거효율

현행 수액셋트로 실험했을 경우는 수액에 147.3 µg (71.7%), headspace에는 58.2 µg (28.3%)의 포름알데히드가 유입된 반면, 본 연구에서 제작한 60/80 mesh의 활성탄을 충전시킨 흡착트랩을 수액셋트에 장착시켜 실험한 결과 수액과 headspace에 포름알데히드가 전혀 유입되지 않았다. 따라서 흡착트랩의 제거효율은 99.9% 이상으로 나타났다.

3.2 미생물

3.2.1 수액제에 들어 있는 미생물

표 1은 병원에서 사용하는 멸균, 밀봉된 중류수와 5% 포도당 수액제(중외제약)에서 측정된 미생물 수를 나타낸 것이다. 멸균된 수액이기 때문에 여기서 검출된 미생물은 모두 죽어 있는 미생물로 생각된다. 측정된 결과 중류수에서 2,695 × 10³ cells/l이 검출되었는데, 보통 영양물질이 적은 하천의 상류나 지하수에서는 세균 개체

Table 1. The blank microorganisms measured in water for injection and 5% dextrose injection. (unit : (×10³ cells/l))

| Water for injection | 5% Dextrose for injection |
|---------------------|---------------------------|
| 2,061 | 4,023 |
| 1,276 | 1,668 |
| 2,355 | 3,631 |
| 2,551 | 3,336 |
| 2,846 | 6,182 |
| 3,729 | 4,808 |
| 2,159 | 4,710 |
| 3,631 | 4,710 |
| 2,453 | 4,514 |
| 2,649 | 4,318 |
| Avg. 2,695 | 4,190 |

수가 보통 ml당 수천 이하로 존재한다고 알려져 있다(권오섭 등, 1993). 그리고 5% 포도당에서 4,190 × 10³ cells/l로 중류수보다 약 1.6배 정도 많은 미생물이 검출되었다. 이는 수액 제조시 대기에 포함된 미생물이 유입되어 영양 염류가 더 많은 포도당에서 증식된 것으로 생각된다.

시료로 사용한 중외제약 수액제는 공경 0.45 µm membrane filter로 여과해서 시판된다. 본 연구에서는 수액제를 공경 0.2 µm의 polycarbonate membrane filter로 여과해서 미생물을 측정하였다.

Polycarbonate membrane filter는 표면이 균일한 원통상의 공경으로 되어 있어 원통상의 직경을 갖고 있는 미립자를 정확하게 여과하는 역할을 해서 시료의 현미경 관찰, 생화학적 검사, 환경측정 등 폭 넓게 사용되고 있는 반면 감압손실이 큰 편이다. 반면, cellulose membrane filter는 표면이 그물모양으로 되어 있어 감압손실이 크지 않고 미생물학적으로 불활성이고 단백질의 흡착에 경제적이어서 의약품, 단백질용액, 효소용액 등의 여과에 이용되고 있다. 그러나, 그물모양의 구조때문에 미립자를 정확한 크기로 여과하는데 어려움이 있다. 따라서, 미생물성 물질 중 0.003~0.5 µm의 크기가 작은 박테리아나 바이러스 등은 cellulose membrane filter로 충분히 여과되지 못한다.

3.2.2 흡착트랩의 미생물 제거효과

표 2는 현행 수액투여장치와 흡착트랩을 장착한 수정된 수액투여장치로 수액을 투여했을 때의 수액제에서 측정된 미생물수를 비교한 것으로 공시험액의 미생물수를 뺀 결과이다. 그러므로 여기에 제시되어 있는 미생물은 생세균수라고 생각된다. 현행 수액투여장치를 설치했을

Table 2. Comparison of microorganism numbers in an injected Ringer's solution using current method and modified method equipped with adsorption trap. unit : ($\times 10^3$ cell/l)

| Current Method | | Modified method ¹⁾ | | Remove rate of adsorp. trap(%) | | | Indoor air | R. H(%) |
|----------------|-------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|-------|------------|---------|
| Water | 5% Dextrose | Water | 5% Dextrose | Water | 5% Dextrose | | | |
| 687 | 1,251 | 25 | 25 | 96.4 | 98.0 | | | |
| 981 | 1,178 | 0 | 98 | 100.0 | 91.7 | | | |
| 1,079 | 2,453 | 294 | 98 | 72.9 | 95.9 | | | |
| 1,079 | 2,159 | 196 | 0 | 81.8 | 100.0 | | | |
| 4,278 | 7,359 | 294 | 294 | 93.1 | 96.0 | 9.64 | 65 | |
| 2,846 | 3,925 | 0 | 294 | 100.0 | 92.5 | 16.93 | 56 | |
| 1,668 | 2,453 | 491 | 294 | 70.6 | 88.0 | 9.40 | 54 | |
| 1,668 | 1,766 | 0 | 196 | 100.0 | 88.9 | 8.30 | 48 | |
| 1,570 | 2,061 | 294 | 0 | 81.3 | 100.0 | 9.14 | 52 | |
| 1,864 | 3,827 | 0 | 98 | 100.0 | 97.4 | 28.00 | 62 | |
| Avg.1,754 | 2,843 | 159 | 140 | 92.3 \pm 8.5 | | 13.57 | 56 | |

¹⁾: The infusion set equipped with adsorption trap

때 측정된 결과는 증류수에서 1754×10^3 cells/l, 5% 포도당에서 2843×10^3 cells/l로 증류수보다 5% 포도당에서 약 1.6배 많은 미생물이 검출되었다.

미생물은 매우 낮은 농도의 유기물에서도 살 수 있다. 빈 영양세균 (oligotrophic bacteria)의 경우 공기 중에 있는 volatile organic carbon을 이용하여 성장할 수도 있다 (Overbeck, 1994). 즉, 증류수에서는 투여시간 동안에 증식할 가능성이 있으며, 실내 공기 중에 포함된 미생물이 수액제로 유입되는 양은 같아도 유입된 미생물이 영양염류가 있는 포도당의 경우에는 더 빠른 증식율을 나타낼 것으로 생각된다.

반면, 흡착트랩을 장착했을 때는 증류수와 5% 포도당에서 각각 159×10^3 cells/l, 140×10^3 cells/l로 검출되어 미생물수의 차이가 크지 않았다. 흡착트랩은 현행 수액투여장치를 사용하였을 때 실내공기에서 유입되는 미생물을 92.3 \pm 8.5% 제거하였다.

3. 2. 3 미생물 제거결과의 유의차

표 3은 대응되는 두 집단의 t-test 결과를 나타낸 것으로 n=9일 때 95% 신뢰수준의 t값 2.262에 비해 (Christian, 1980) 공시험액의 증류수와 5% 포도당의 t값은 4.4, 현행방법과 흡착트랩 장착 비교 실험결과에서 5% 포도당의 t값은 4.7로 크게 나타나 이들 방법들이 서로 차이가 남을 알 수 있고, 99.5% 신뢰수준의 t값 3.69보다도 커 서로 고도의 유의차가 나타났음을 알 수 있었다.

이로서 현행 수액투여방법에 비해 흡착트랩 장착시 미생물의 제거효율이 확실히 나타났음을 알 수 있었다.

Table 3. Calculate t value with multiple samples for each of two paired result.

| | Blank | | 5% Dextrose injection | |
|-----------------------|-------|-------------|-----------------------|-------------------------------|
| | Water | 5% Dextrose | Current method | Modified method ²⁾ |
| t value ¹⁾ | 4.4 | | 4.7 | |

¹⁾: The tabulated t value at the 95% and 99.5% confidence level for 9 degrees of freedom is 2.262 and 3.690, respectively.

²⁾: The infusion set equipped with adsorption trap

4. 결 론

본 연구에서는 수액제에 유입되는 기체상 오염물질 중 포름알데히드와 미생물성 물질이 수액제에 용해 또는 유입되는 정도를 알아보고 수액셋트의 공기 흡입구에 흡착트랩을 제작, 장착시켜 그 제거효율을 검토해 본 결과 수액속으로 용해되는 포름알데히드의 양은 수액투여시간에 비례하여 증가하였고, 수액 1/를 7시간에 걸쳐 투여했을 때 유입 공기 중에 포함된 포름알데히드의 67.5 \pm 9.5%가 수액으로 용해되어 들어갔다.

미생물은 수액셋트의 공기흡입구에 부착되어 있는 여과지를 충분히 통과해 수액속으로 유입되며 수액제에는 미생물이 증식할 수 있는 영양염류가 다량 포함되어 있으므로 실내 공기 중에 미량의 미생물이 존재하더라도 수액제 속으로 유입되어 미생물이 증식해 그 수가 증가할 수 있다.

따라서 현행 수액투여장치로서는 유입공기 중에 포함

된 기체상오염물질과 미생물들이 완전히 제거되지 않고 수액제 속으로 유입되어 병원감염을 일으킬 가능성이 크다는 것을 알 수 있었다.

실내 공기 중에 존재하는 기체상 오염물질인 포름알데히드가 수액에 용해되어 인체에 미치는 영향은 호흡경로를 통해 미치는 영향보다 그리 크다고 할 수 없으나 포름알데히드 등 기체상 오염물질이 현행 수액투여장치의 공기 흡인구를 통해 제거되지 않고 유입되어 수액에 용해된다는 것을 알 수 있었다. 반면, 생물학적인 물질인 미생물은 공기중에서 수액제에 유입되어 증식될 수가 있고 병원성 미생물이 한마리라도 혈관내로 침투된다면 포름알데히드보다 미생물이 환자에게 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다. 즉, 포름알데드는 호흡기를 통한 병원감염이 큰 반면 미생물은 수액제를 통한 병원감염이 크다고 할 수 있다.

그러나, 본 연구에서 제작한 흡착트랩을 장착한 수액투여장치의 사용시에는 기체상오염물질 중 포름알데히드는 99.9% 이상, 미생물에 대해서는 $92.3 \pm 8.5\%$ 의 제거효율을 나타내 병원내 공기에 의한 병원감염을 효과적으로 방지할 수 있다고 생각된다.

사 사

본 연구는 1995년도 교육부 기초과학 육성연구구비의 지원에 의한 것입니다 (과제번호 BSRI 95-3425).

참 고 문 헌

- 권오섭, 김상종, 김상진, 송홍규, 안승구, 안태석, 안태영, 이건형, 조기성 (1993) 환경미생물학, 신평문화사.
- 김만구 (1993) 수액제의 흡인공기 정화기, 특허출원 1993년 제2069호.
- 김만구, 정영립 (1995) 대기보전학회 춘계 학술대회 요지집, 105-106pp.
- 김만구, 정영립, 박기준 (1995) 대기보전학회 추계 학술대회 요지집, 107-109pp.
- 김윤신 (1992) 병원환경오염, 환경관리인, 8, 6-8.
- Andlno, J.M., and J.W. Butler (1991) A study

of the stability of methanol-fueled vehicle emissions in Tedlar Bags, Environ. Sci. Technol., 25(9), 1644-1646.

- Buttner, M.P. and L.D. Stetzenbach (1993) Monitoring airborne fungal spores in an experimental indoor environment to evaluate sampling methods and the effects of human activity on air sampling, Appl. Environ. Microbiology, 59(1), 219-226.
- Christian, G.D. (1980) *Analytical Chemistry, 3rd edit*, edited by H. Charlesworth and Co., Ltd.
- Eells, J.T., K.E. McMartin, K. Black, V. Virayotha, R.H. Tisdell and T.R. Tephly (1981) Formaldehyde poisoning: Rapid metabolism to formic acid, JAMA, 246(11), 1237-1238.
- Green, V.W., D. Vesley, R.G. Bond, and G.S. Michaelsen. (1962) Microbiological contamination of hospital air I. Quantitative studies, Appl. Microbiol., 10, 561-566.
- Lodge, J.P. (1988) *Methods of air sampling and analysis., 3rd edit*, edited by Intersociety committee, APCA, ACS, AICHE, APWA, ASME, AOAC, HPS, ISA. Lewis Publishers, INC.
- Maeda, Y. and M. Munemori (1986) Continuous generation of gaseous formaldehyde at ppb levels, J. Japan Soc. Air Pollut., 21(5), 440-445.
- Pomroy, A.J. (1984) Direct counting of bacteria preserved with lugol iodine solution, Appl. Environ. Microbiol. 47, 1191-1192.
- Sayer, W.J., N.M. Macknight, and H.W. Wilson (1972) Hospital airborne bacteria as estimated by the andersen sampler versus the gravity settling culture plate, Am. J. Clin. Pathol., 58, 558-562.