

병원내 감염 경로와 대책

○ 김 성 한 | 울산대학교 의과대학 서울아산병원 감염내과
부교수
E-Mail : kimsunghanmd@hotmail.com

1. 서론

2015년 중동 여행을 다녀온 한명의 메르스 환자가 2달동안 186명의 확진 환자와 이 중 38명의 사망환자를 만들었다. 당시 16,993명의 접촉자에 대한 강제격리(quarantine)이 이루어졌고, 경제적 손실은 약 9조 3천억으로 추정한다(1). 이와 같은 메르스 집단 발병 사건은 우리나라 병원이 감염관리에 얼마나 취약한지를 전세계에 드러나게 하였다. 이러한 취약성의 원인은 낮은 보험수가로 인한 다인실 병원구조, 혼잡한 응급실, doctor shopping, 병문안 문화 등이 지적되었다(2). 최근 여러 분야의 전문가들이 이러한 우리나라 병원감염취약성을 개선하기 위해서 다양한 노력을 하고 있지만, 아직도 여전히 병원감염관리는 선진국과 큰 격차가 있는 상황이다. 이런 관점에서 병원내 감염 경로에 대한 이해와 대책은 주어진 제한된 의료자원 활용에 중요하다. 본 글에서는 병원체의 주된 전파경로인 접촉, 비말, 공기, 매개체, 벡터로 나누어서 각 전파경로별 중요하면서 최근 이슈가 되고 있는 감염질환과 예방 대책에 대해서 다루고자 한다.

2. 접촉

접촉 전파는 병원체의 병원내 전파 경로 중에서

가장 중요하고 흔히 발생하는 형태이다. 접촉은 크게 사람간의 직접 접촉과 무생물(inanimate surface)을 통한 간접 접촉으로 나눌 수 있다.

2.1 장관 미생물: C. difficile infection (CDI), 노로바이러스, 로타바이러스

CDI는 대표적인 접촉을 통하여 전파되는 병원내 감염이고, 최근 전세계적으로 발생률이 증가 추세이다. 특히, C. difficile의 경우 환경에서 포자(spore) 형태로 존재하므로 수개월에서 수년까지 생존할 수 있고 알코올을 포함하는 여러 소독제에 살균되지 않으므로 병원내 전파가 잘 발생한다. CDI 감염 환자는 가능한 1인실에 격리하는 것이 추천되고, 1인실이 어려우면 CDI 확진 환자와 코호트 격리를 할 수 있다. 설사 등을 통해서 광범위하게 환경이 오염되기 때문에 환경 소독이 중요하다. 환경 소독제는 일반세제로는 충분하지 않기 때문에 포자를 죽일 수 있는 hypochloride (락스, bleach)를 사용한다. Hydrogen peroxide 증기 소독이 효과적인 것으로 보고되어 deep terminal cleaning으로 이용되고 있다(그림 1). 그러나, 고가의 장비이고 소독 중 방을 완전히 비우고 밀폐해야하는 문제점이 있다(3). 최근에는 UV 램프를 이용한 deep terminal cleaning 방법의 효과가 증명되었고,

UV의 경우 짧은 시간에 소독이 가능하고 유지비용이 적은 장점이 있지만 빛이 투과하지 않는 부위에 소독이 잘 되지 않는 문제점이 있다.



그림 1. Hydrogen peroxide 증기 소독례

노로바이러스, 로타바이러스는 지역사회에서 오염된 물이나 음식 또는 사람간 전파로 질환 발생이 발생한다. 이러한 감염된 환자가 입원한 경우 적절한 접촉 주의 및 환경 소독이 제대로 진행되지 않은 경우 병원내 전파가 발생할 수 있다. 대변-경구를 통한 접촉 전파가 주된 경로로 알려져 있지만, 에어로졸을 통한 전파 가능성도 꾸준히 제기되고 있다. 예를 들어 노로바이러스의 경우 오염된 물을 사용한 분수대에서 놀았던 소아에서 집단 발병이 잘 알려져 있다(4). 또한, 병원에서 노로바이러스 환자의 공기채취를 통해서 바이러스 검출한 연구가 있다(5). 로타바이러스의 경우 동물실험에서 로타바이러스의 공기 전파 가능성을 증명한 연구가 있지만, 아직 논란이 있다(6). 일반적으로 가능하다면 1인실에서 접촉주의를 하도록 권고한다.

2.2 호흡기 바이러스: respiratory syncytial virus (RSV), parainfluenza virus (PIV)

RSV는 영유아의 호흡기바이러스 감염 중에 가장 중요한 원인균이다. 성인에서도 지속적으로 재

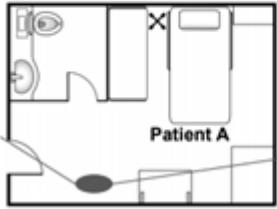
감염이 있어나는데, 면역저하환자 또는 노인에서는 심한 폐렴으로 진행할 수 있다. PIV의 경우도 면역저하환자, 특히 혈액암 환자에서 심한 폐렴으로 진행할 수 있다. RSV와 PIV의 전파경로는 눈이나 코에 호흡기 분비물이 직접 또는 간접적으로 접촉하면서 발생하는 것으로 알려져 있다. PIV 경우 기침, 재채기 등을 통한 비말이 공기 중에 분출되지만, 환자 주위 공기 채취를 했을 때 바이러스 검출이 잘 되지 않는 것으로 알려져 있다. 즉, 비말로 분출된 바이러스가 환자 주위의 무생물(inanimate surface)에 광범위하게 오염을 유발시킬 수 있고(그림 2), 이렇게 금속 등 표면에 붙은 바이러스는 오랫동안 생존할 수 있다(7). 그리고, 환경에 생존하는 바이러스를 쉽게 접촉한 손으로 옮겨가서 다시 호흡기에 접촉하여 전파가 일어나는 것으로 생각한다. 그러므로, RSV, PIV의 경우 접촉주의와 주변 환경 관리를 철저히 하고, 의료진의 경우 가운, 마스크, 장갑, 눈과 코를 가릴 수 있는 고글을 착용이 효과적인 예방방법이다. 요약하면, RSV, PIV와 같은 호흡기 바이러스의 경우 비말전파 또는 공기전파 보다는 호흡기 분비물을 통한 광범위한 주위 오염을 유발하고, 이렇게 오염된 high touch area를 접촉하여 감염이 생기는 것이 주된 경로이므로 철저한 환경 소독과 접촉 주의 를 준수하는 것이 감염 예방에 중요하다.

3. 비말

비말 전파는 미생물을 포함하고 있는 비말(5 μ m 이상)이 환자와 3 feet이하의 거리 안에 거리의 접촉으로 전파가 발생하는 형태이다. 비말이 직접 호흡기로 흡입되어 감염이 생길 수도 있고, 비말이 떨어지면서 오염된 주위 환경을 간접적으로 접촉해서 전파가 발생할 수도 있다.

3.1 호흡기 바이러스: influenza

인플루엔자는 전통적으로 비말 전파하는 감염으로 알려져 있다. 그러나, 이러한 비말 전파는 차고

- 바이러스 PCR 양성
 - 바이러스 PCR 음성
- 
- 48세 여자 폐렴 환자
 - 비침습적 인공호흡기 적용
 - 첫번째 호흡기 검체 PCR 양성 결과
 - 시점에서 23일 경과 후 환경 검체 채취 (당시 호흡기 검체는 음성)
 - 매개물 : 7개 중 6개에서 양성
 - 고정된 구조물 : 8개 중 6개에서 양성



- 그림에 나타나지 않은 매개물
- 비강개놀라, 비침습적 인공호흡기 마스크, 청진기, TV 리모컨
- 핸드워셔 탑
- 그림에 나타나지 않은 고정된 구조물
- 콜벨, 병실 내 문손잡이
- 전화기 버튼, 공용 복도 내 문손잡이

그림 2. Parainfluenza 감염 환자의 주변 환경의 광범위한 오염

건조한 환경(습도 20-35%, 온도 5도)에서는 주된 전파경로이지만, 습하고 높은 온도(습도 80%, 온도 20도)에서는 비말 전파보다는 접촉 전파가 주된 전파경로가 될 수 있다(8). 또한, 인플루엔자의 공기 전파 가능성은 꾸준히 제기되어 왔고, 최근에는 인플루엔자 감염 자원자들을 대상으로 시행한 연구에서 감염환자의 호기 공기 중 많은 양의 바이러스가 에어로졸에 함유되어 있는 것이 증명되었다(9). 즉, 인플루엔자의 경우도 여러 가지 다양한 조건에서 전통적인 비말 전파 경로 외에도 다른 경로로 전파될 수 있으므로 가능하면 음압 격리실에 격리하는 것이 추천된다. 그러나, 인플루엔자 유행 시기에는 환자 수가 급격히 증가하기 때문에 격리 병실이 부족한 경우가 많아서 2명 이상의 환자를 코호팅하는 경우가 많다.

3.2 신변종 호흡기 바이러스: 사스, 메르스

사스와 메르스 경우도 감염된 환자와 비교적 가

까운 거리에 접촉을 해야 감염이 잘 생기는 것으로 미루어 비말 전파가 주된 전파 경로로 이해되고 있지만, 아직 정확한 전파경로는 알려져 있지 않다 (2). 사스의 경우 Amoy garden과 비행기 내에서 감염 등의 사례는 공기 전파의 대표적인 사례로 간주되고 있다. 메르스의 경우도 평택성모병원과 삼성서울병원에서 발생한 집단 발병은 비말 전파 경로로는 잘 설명되지 않는 부분이 있다.

또한, 메르스 환자의 방의 공기 채집에서 바이러스 존재가 확인된 점, 메르스 바이러스가 환경에서 오랫동안 생존할 수 있는 특징과 환자 주위 환경이 광범위 하게 오염되는 점 등을 고려할 때 비말 전파 외에도 다양한 전파 경로를 통한 감염이 발생할 수 있을 것으로 추정한다(1, 2). 그러므로, 특히 사스 또는 메르스와 같은 신변종 바이러스의 경우 전파경로에 대한 연구 자료가 부족하므로 전실이 있는 음압격리 병동에 격리하는 것이 추천된다.

4. 공기

공기 전파는 미생물을 포함하고 있는 비말핵(5 μm 이하)이 환자와 3 feet이상의 원거리 접촉으로 전파가 발생하는 형태이다. 공기 전파를 일으키는 질환은 일반적으로 짧은 시간에 광범위한 범위에 접촉자를 감염시키기 기초재생산지수(basic reproduction number)가 10이상으로 큰 경우가 많다. 결핵, 홍역, 수두, 두창 등이 대표적인 예이다.

4.1 결핵

결핵은 전통적으로 공기 전파하는 질환으로 알려져 있다. 전문가에 따라서는 결핵과 같이 공기 전파를 잘 하는 질환은 obligate airborne으로 나누고, 사스와 같은 질환은 opportunistic airborne으로 분류하는 경우도 있다(9). 결핵은 일반병실과 별도의 환기시설을 갖춘 음압격리실에 격리하는 것이 추

천된다. 호흡기 보호구는 유속 50 L/분에서 1 μm 크기 입자를 95%이상 제거하는 N95 마스크를 착용해야 한다.

4.2 Heater-cooler unit를 통한 Mycobacterium chimerae 감염

심장 수술에는 심정지 후 체외 순환기를 사용하기 위해서 혈액을 외부에 빼서 돌리는 heater-cooler unit (HCU)이라는 보조 장치를 수술 중에 사용한다. 최근에 혈액과 별도의 밀폐 구조로 HCU에 돌고 있는 물이 Mycobacterium chimerae라는 균에 오염되면서 기계의 구조적인 결함과 맞물려서 수술장 공기가 오염되면서 수술 후 창상감염 등 중증 감염이 발생한 사례가 전세계적으로 보고되었다(10). 이는 2014년 9월 특정 업체에서 생산된 기계가 생산과정에서 오염된 물이 기계를 순환하면서 튜브 내부에 바이오필름을 형성하여 균이 집락하



그림 3. HCU에서 분출된 균이 HCU의 수평방향 공기 흐름과 수술장의 천장에서 바닥으로 내려오는 laminar flow 합쳐지면서 수술 침대로 균이 전파되는 시뮬레이션 실험(reference 10 논문에서 그림 인용)

게 되고, 이것이 병원에서 소독 절차가 제대로 이루어지지 않고, HCU의 구조적 결함과 맞물려서 물속에 있는 균이 수술장 공기를 오염시키는 기전으로 발생한 감염 사례이다. 그림 3에서와 같이 실제로 균이 수술장 공기 중으로 분출될 경우 빠르게 수술 침대로 퍼져나가는 것을 알 수 있다.

또한, 이러한 HCU를 통한 공기 전파 감염은 특정 회사의 제품이 아니라도 하더라도 이론적으로 소독이 제대로 이루어지지 않은 경우 물이 오염되면서 다른 비결핵성 항산균에 의한 감염이 발생할 수 있다. HCU에 대한 전세계적인 집단발병이 보고되면서 가능하면 2014년 9월이전에 생산된 Sorin 3T사의 제품은 사용하지 않도록 권고하고 있으며, 매일 HCU에 3% 과산화수소와 함께 물 교환을 하고 1주에 한 번 peracetic acid로 소독하는 것이 권고되고 있다.

5. 매개체

공통 매개체(common-vehicle) 전파는 음식, 물, 약제 등 오염된 무생물(inanimate vehicle)을 통해서 여러 사람에게 전파되는 형태이다. 2017년말 *Citrobacter freundii*에 의해 오염된 지질 수액을 맞고 신생아 4명이 집단 사망한 사건이 레가 될 수 있다. 최근 미국에서 생산과정에서 곰팡이에 오염된 스테로이드 제제를 사용한 후에 뇌수막염이 집단 발병한 것도 레가 될 수 있다(11).

6. 벡터

벡터를 통한 전파는 진드기, 모기, 파리, 쥐 등을 통하여 미생물의 전파가 일어나는 형태이다. 모기를 통해 전파되는 말라리아, 지카, 뎅기열, 진드기를 통해 전파되는 쯤쯤가무시병, 중증혈소판감소증후군 등이 대표적인 예이다.

6.1 지카바이러스

지카바이러스는 2017년 남미대륙에 대규모 유행

과 함께 기형아 출산이 증가되면서 대중의 주목을 받은 바이러스이다. 주된 전파 경로는 모기를 통한 전파이고, 감염된 임신부는 태반을 통한 수직감염으로 신생아의 기형을 유발한다. 또 다른 중요한 전파 경로는 성 접촉에 의한 감염이다. 특히, 지카 바이러스는 감염된 남자의 정액에서 수개월동안 바이러스가 검출되기 때문에 증상이 호전된 후에도 수개월동안 성관계를 통해서 전파가 일어날 수 있다(12).

6.2 중증혈소판감소증후군(SFTS, severe fever with thrombocytopenic syndrome)

중증혈소판감소증후군은 2013년 우리나라에 첫 환자가 보고된 이후 지속적으로 환자가 증가하고 있다. 2017년에는 270명의 환자가 발생하여 54명이 사망하여 사망률은 20%로 보고되고 있다. 전파경로는 SFTS 바이러스에 감염된 작은소피참진드기에 물려서 감염이 발생한다. 다른 진드기 매개 감염질환으로 쯤쯤가무시병은 *Orientia tsutsugamushi*에 감염된 털진드기 유충에 물려서 생기는 질환이다. 쯤쯤가무시병과 유사하게 야외활동을 통하여 진드기에 물려서 감염이 생기고, 주로 가을에 감염이 생기는 특징이 있어서 임상적으로 혼동되는 경우가 있다. 그러나, 쯤쯤가무시병은 전라도, 충청도를 중심으로 환자 발생이 많지만, SFTS의 경우 전국적으로 분포하지만 평야지대는 드물며 남한의 동부, 남동부지역 산악/구릉지역, 제주 등에서 환자 발생이 많다. 또한, 인구가 밀집되어 있는 경기도 지역에서도 환자 발생이 많아서 향후 지속적인 환자 증가할 가능성이 많다. 그림 4와 같이 서울아산병원에 방문한 환자 발생지역 분포도 이와 같은 양상을 잘 반영한다. SFTS의 경우 혈액과 각종 체액에서 다량의 바이러스가 존재하기 때문에 환자의 체액에 접촉할 때 주위가 필요하다. 현재까지 사람 간의 전파 사례가 다수 보고되고 있다. 특히, 중증 환자를 진료한 의료진에 감염이 전파된 사례



그림 4. 서울아산병원에 방문한 SFTS 확진 환자의 감염 발생 지역

가 보고되고 있다(13). 전파된 사례는 주로 중증환자를 진료하는 과정에서 환자 체액과 접촉하면서 전파되었을 가능성이 높다. 그러나, 최근에는 환자와 접촉한 적이 없는 사람에서 전파된 사례가 보고되면서 에어로졸을 통한 전파의 가능성도 제기되고 있다(14). 또한, 최근 중증 환자의 주변 환경이 광범위하게 SFTS 바이러스에 오염되어 있는 것이 확인되면서(15), 무생물에 의해서 간접 접촉에 의한 전파 가능성 및 에어로졸을 통한 전파 가능성도 지속적인 연구가 필요하다.

7. 결론

전통적으로 감염병의 전파경로는 접촉, 비말, 공기, 매개체, 벡터를 통한 전파 5가지로 나눈다. 그

러나, 병원체에 따라서는 이러한 분류에 따라 한가지 경로만으로 전파가 일어나지 않고 2-3가지가 혼합된 형태로 전파가 일어날 수 있다. 그러므로, 병원체의 전파경로를 이분법으로 나누어서 획일화하여 설명하기 보다는 각 병원체의 역학과 특성에 맞게 전파경로에 대한 연구데이터를 바탕으로 제한된 자원을 활용하여 예방 대책을 세우는 것이 바람직하다.

- 참고문헌 -

1. Oh MD, Park WB, Park SW, et al. 2018, "Middle East respiratory syndrome: what we learned from the 2015 outbreak in the Republic of Korea", Korean J Intern Med, vol. 33, no. 10, e97

2. Hui DS, Azhar EI, Kim YJ, et al. 2018, "Middle East respiratory syndrome coronavirus: risk factors and determinants of primary, household, and nosocomial transmission", in press
3. 대한의료관련감염관리학회, 2017, "의료기간의 감염관리"
4. Hoebe CJ, Vennema H, de Roda Husman AM, van Duynhoven YT. 2004, "Norovirus outbreak among primary schoolchildren who had played in a recreational water fountain", *J Infect Dis*, vol. 189, no. 4, 699-705
5. Bonifait L, Charlebois R, Vimont A, et al. 2015, "Detection and quantification of airborne norovirus during outbreaks in healthcare facilities", *Clin Infect Dis*, vol. 61, no. 3, 299-304
6. C. Glen Mayhall, 2012, "Hospital Epidemiology and Infection Control"
7. Kim T, Jin CE, Sung H, et al. 2017, "Molecular epidemiology and environmental contamination during an outbreak of parainfluenza virus 3 in a haematology ward", *J Hosp Infect*, vol. 97, no. 4, 403-13
8. Lowen AC, Steel J, Mubareka S, Palese P. 2008, "High temperature (30 degrees C) blocks aerosol but not contact transmission of influenza virus. *J Virol*, vol. 82, no. 11, 5650-2
9. Roy CJ. 2004, "Airborne transmission of communicable infection- the elusive pathway. *N Engl J Med*, vol. 350, no. 17, 1710-2
10. Sommerstein R, Ruegg C, Kohler P, et al. 2016, "Transmission of Mycobacterium chimaera from heater-cooler units during cardiac surgery despite of an ultraclean air ventilation system. *Emerg Infect Dis*, vol. 22, no. 6, 1008-13
11. Smith RM, Schaefer MK, Kainer MA, et al. 2013, "Fungal infections associated with contaminated methylprednisolone injections", *N Engl J Med*, vol. 269, no. 17, 1598-609
12. Mead PS, Duggal NK, Hook SA, et al. 2018, "Zika virus shedding in semen of symptomatic infected men", *N Engl J Med*, vol. 378, no. 15, 1377-85
13. Kim WY, Choi W, Park SW, et al. 2015, "Nosocomial transmission of severe fever with thrombocytopenia syndrome", *Clin Infect Dis*, vol. 60, no. 11, 1681-3
14. Gong Z, Gu S, Zhang Y, et al. 2015, "Probable aerosol transmission of severe fever with thrombocytopenia syndrome virus in south-eastern China", *Clin Microbiol Infect*, vol. 21, no. 12, 1115-20
15. Rhu BH, Kim JY, Kim T, et al. 2018, "Extensive severe fever with thrombocytopenia syndrome virus contamination in surrounding environment in patient rooms", *Clin Microbiol Infect* 2018 Jan 31 [Epub ahead of print]