

感染症 管理에서의 疫學의 活用

이 성 은
관동대학교 간호학과 교수)

1. 緒言

역학은 인간의 건강 상태와 질병의 자연사를 기술하고 원인을 구명(究明)하며, 그 관리 방법을 연구하는 학문이다. 질병의 원인을 알기 위해 또 원인을 모르더라도 관리 방법을 시급히 적용해야 할 때 관리 방법을 개발할 수 있으며, 실험연구와는 다르게, 여러 변수를 통제할 수 없는 상황에서 인간을 대상으로 하는 건강 문제 연구에 유용한 방법이다. 따라서 역학은 원인을 구명하는 원인적 연관성을 밝히는 과정과, 이에 필요한 연구 방법이 발달하였다. 대표적인 연구 방법에 기술역학과 분석역학이 있고, 분석역학적 연구 방법에는 단면연구, 환자-대조군연구, 코호트연구가 있다. 그외에도 이론적으로 질병 전파 경로를 밝히는 이론역학이 있다.

최초의 역학 조사는 미생물이 발견되기 이전에 John Snow가 런던의 콜레라 유행을 차단시킨 것이다. 그 후 Pott는 굴뚝 청소 작업과 음낭암과의 관계를, Lind는 신선한 야채의 부족과 괴혈병의 연관성을, Goldberger는 펠라그라와 육류 섭취와의 연관성을 역학적 조사로 확인하고 질병의 예방 방법을 밝혔다.

1982년 발견된 후천성면역결핍증의 원인 미생물과 전파 경로 및 예방 방법을 발견한 것은 모두 역학적 연구 방법을 통해서이고, 1980년대에 국내에서 유행한 유행성페출혈열이 렙토스피라 증임을 알아낸 것 역시 역학적 연구를 통해서였다.

이렇듯 역학은 건강 상태와 질병의 원인, 관리 방법을 밝히는데 유용한 학문이다. 흔히 역학은 전염병관리 학문으로 생각하는데 이는 역사적으로 전염병 연구에 역학이 기여한 바가 크기 때문이다.

2. 感染의 生態學的 進化

감염성 질환의 자연사와 원인을 이해하려면, 생물개체의 구조와 기능을 알아야 하고, 생물과 환경과의 상호반응을 연구하는 생태학적인 접근과 유전학적 규명을 하여야 한다. 이 중 생물과 환경의 관계를 밝히는 생태학적인 접근은 감염병의 진화 과정 이해에 필수적이다.

자연생태계는 상호의존성(interdependence)과 평형을 유지하기 위한 자기 조절(self regulation)과 자기적응(self adaptation) 능력이 있다.

상호의존성은 생태계내의 한 구성요소의 질과 양의 변화는 다른 구성요소에 영향을 주고, 그 결과는 다시 변화가 발생한 구성요소로 회귀하여 영향을 받게 된다는 것이다. 15세기 유럽을 강타한 페스트는 감염된 숙주를 모두 사망시켜 전파 경로를 잃게 되어, 페페스트를 발생시키는 미생물 균주는 사멸하고 대신 임파페스트를 발생시키는 균주가 대두한 것은 한 예이다.

자기조절과 자기적응은 이러한 생태계의 원리내에서 자신의 종을 연속시키기 위한 수단이다. 예를 들어 한 생물체의 수가 많아지면, 먹이가 부족해 번식력이 떨어지고 종내에 갈등이 커져

수적 감소를 초래한다. 인플루엔자바이러스는 자연계에 생존이 가능하면서 다수의 숙주를 감염시키는 비말전파로 감염이 발생하고, 숙주인 사람의 생명에 큰 손상을 주지 않고 종을 전파시키는 능력이 진화적으로 발전되어 가장 자기조절과 적응을 잘 한 미생물인 것이다.

이렇듯 생태계는 평형 유지를 하는데, 이에 영향을 미치는 세가지 요인은 먹이와 천적, 기생체이다. 한 종족이 수적으로 증가하면 먹이의 부족이 나타나 수적으로 감소하게 되고, 한 종족의 증가는 천적 수의 증가를 초래하여 종족 수가 감소되거나, 기생체의 공격을 받아 생명을 잃는 개체가 증가해 수적으로 감소한다. 인간처럼 먹이사슬의 가장 상위를 차지하는 동물은 기생체의 공격을 받아 개체수가 감소된다.

감염은 미생물이 생존과 종의 영속을 위해 숙주인 인체를 침범하는 것이다. 따라서 생태계의 원리에 따라 미생물이 종을 번식시키고 영속하려면, 인체를 감염시키되 사망이나 영구적 손상을 입히지 않고 생존하고, 인체가 그 미생물에 대한 면역이 생기면 숙주로부터 탈출하여 다른 숙주를 또 감염시켜야 한다. 즉, 이것이 생태계의 평형을 유지하는 미생물의 자기 조절 방법이며, 가장 잘 적응한 미생물 중 하나가 인플루엔자바이러스이다. 대개 새로 출현한 감염병의 원인 미생물은 생태계의 평형에 적응을 못해 심한 증상을 초래하고 숙주가 생명을 잃게 한다. 그 대표적인 예가 후천성면역결핍바이러스이다. 1980년대 초에 처음 발견된 후 감염자를 모두 사망시켜 그 종의 번식이 어려워졌고 약 15년 지난 현재는 전보다 약한 증상을 나타내는 환례가 증가하였다. 이는 벌써 초기의 증은 없어지고 변형된 종이 대치되었다는 추측을 가능케 하며, 감염병의 역학 조사시 이러한 생태학적 원리가 반드시 적용되어야 한다.

3. 感染病의 疫學的 特性

1) 감염병의 원인

감염성질환의 발생에 대해, 과학이 발전하기 이전 시대에는 초자연적이나 불가항력적인 힘에 대해 발생한다는 설과 나쁜 공기에 의해 전파된다는 miasma theory가 지배적이었다. 감염병의 원인으로 miasma theory가 한동안 통설이여, 황열과 말라리아 퇴치를 위해 나쁜 공기를 없앤다고 대포를 쏜 예도 있었다.

Pasteur가 미생물을 발견하였고, Koch는 감염병은 미생물이 인체를 침입하여 발생하는 질병이므로 어떤 미생물이 그 질병의 원인임을 증명하려면 다음 가설을 만족시켜야 한다고 하였다. 즉 Koch의 postulates인데 그 내용을 보면,

- ① 동일 질환을 가진 각 환자 모두에서 동일한 세균이 발견되어야 한다.
- ② 분리된 세균은 순수 배양에서 자라야 한다.
- ③ 감수성이 있는 동물에게 순수 배양된 미생물을 접종하면 동일한 증상이 나타나야 한다.
- ④ 실험적으로 발병한 동물에서 같은 세균이 발견되어야 한다.

물론, 바이러스 질환이나 감수성이 있는 동물을 찾기 어려운 질환의 원인 규명에 적용하기에는 문제점이 있으나, Koch의 가정은 감염병의 원인 미생물을 밝히는 기본 틀이다.

미생물이 인체를 침입한다고 해서 항상 감염이 발생하는 것이 아니다. 미생물 요인과 숙주의 특성, 또 환경 요인에 따라 질병이 발생하므로, 감염병의 원인인 이 세요인의 균형 상태가 깨질 때 질병이 발생한다고 보아야 하며, 면역학과 분자생물학의 발전으로 질병 발생의 기전이 명확해졌다.

• 병원체 요인

생물병원체 즉 미생물의 종류는 이미 잘 알려진 바와 같이 크기 순으로 바이러스부터 원생동물까지 다양하다. 미생물은 화학적 구조와 형태에 따라 분류하는데, 이 중 화학적 구조는 미생물의 숙주 감염시 나타내는 항원성(미생물 입장에서 숙주에 정착하기 위한 특성이요, 숙주 입장에서 이물질임을 인지하게 하는 특성)을 결정한다. 항원성은 감염시 숙주에 면역을 생기게 하는 면역특이성(예를 들어 항체 형성)을 나타내

며, 감염 진단시 항체항원반응을 보는 혈청검사도 이 항원성을 이용하는 검사법이다.

병원체의 생존은 숙주 아닌 외계 환경에서의 생존 능력, 증식 조건, 숙주의 다양성에 따라 결정되므로 감염병 예방에 이런 미생물의 특성을 이용한다. 외계환경에서 생존이 용이하나 증식을 못하는 바이러스 감염은 자연계에 존재하는 미생물을 없애는 것보다 백신을 개발해 감염을 차단하는 것이 효과적이고, 세균처럼 자연계에서 증식하는 미생물을 자연계에서의 생존과정을 차단시키는 것이 효과적이다. 물론 감염자가 배출하는 다량의 미생물은 어떤 종류이던 생존을 차단하여야 한다.

◦ 숙주와 관련된 특성

병원체가 숙주를 감염시킬 때 미생물 고유의 능력과 숙주의 조건에 따라 감염 여부가 결정된다. 숙주와 관련된 특성은 감염력, 병원력, 독력이 있다. 감염력(infectivity)는 병원체가 숙주에 침입하여 알맞은 기관에 자리잡고 증식하는 능력이다. 감염을 성공하는데 필요한 최저 병원체수가 감염력인 것이다. 소화기전염병인 콜레라는 장티프스보다 훨씬 적은 수로도 감염시킬 수 있으므로, 장티프스보다 콜레라가 감염력이 높다. 그러나 감염력 측정은 어렵다. 그 이유는 감염에는 현성감염(증상이 나타나고 항체가 형성되는 감염)과 불현성감염(증상이 나타나지 않고 항체 형성만 되는 감염)이 있어 감염력 측정은 이 두 감염을 포함하여야 하므로, 항체 형성 여부만이 감염을 정확히 판단할 수 있기 때문이다.

병원력(pathogenicity)은 감염된 숙주 중 현성 감염을 나타내는 능력이다. 홍역이나 광견병바이러스는 병원력이 거의 100%이고, 풍진바이러스는 40~60%이며, 소아마비바이러스는 0.1~3%로 아주 낮다. 후천성면역결핍바이러스는 감염력이 크지 않으나 병원력이 높은 바이러스이다.

독력(virulence)은 현성감염으로 인한 사망이나 후유증의 정도를 의미한다. 광견병은 100%이고, 수두와 풍진은 감염력과 병원력은 높지만 독력은 낮다. 후천성면역결핍바이러스는 독력이 큰

바이러스이다.

병원체의 숙주 관련 특성을 산출하는 공식은 다음과 같다.

$$\text{감염력} = \frac{\text{감염자수(발병자+항체상승자)}}{\text{감수성자수}}$$

$$\text{병원력} = \frac{\text{현성감염자수}}{\text{감염자수}}$$

$$\text{독력} = \frac{\text{중증환자수}}{\text{현성감염자수}}$$

◦ 병원소(reservoir)

병원소는 병원체의 필요에 따라 그들 생존의 일부 과정을 거치는 숙주를 의미한다. 한 병원체의 숙주가 여러 종류일 수도 있고, 홍역바이러스처럼 인간만을 병원소로 하는 병원체도 있다. 단순포진바이러스는 한번 인체에 침입하면, 숙주와 평생을 같이 하면서 간헐적 전파를 하는 바이러스이다. 일본뇌염바이러스의 주병원소는 모기와 돼지, 닭이므로, 우연히 감염된 사람 숙주로는 전파할 수 없으므로 바이러스 입장에서 바람직한 전파 경로가 못된다.

◦ 전파기전

병원체의 전파는 병원체가 한 숙주를 탈출하여 다른 숙주로 침입하는 것이다. 탈출 방법은 다른 숙주를 침입하기 전까지 외계환경에서 생존 능력에 따라 결정된다. 자연계에서 생존이 용이한 병원체는 호흡기나 분변의 경로도 탈출하고, 이것이 어려운 병원체는 다음 숙주와 직접 연결되는 방법인 혈액이나 체액을 통해 전파된다.

2) 숙주 요인

◦ 병원체와 숙주의 상호 반응

병원체가 인체를 침입해도 숙주의 선천적 후천적 감수성에 따라 감염의 성패가 결정된다. 병원체와 숙주가 접촉한 후 나타나는 반응을 살펴보면, 첫째 감염의 실패가 있다. 병원체의 양이

숙주를 감염시키기 불충분한 경우, 침입 경로가 적당치 않은 경우, 숙주가 그 병원체에 대해 면역이 있는 경우에 감염이 실패한다.

둘째, 감염이 성공하는 경우이다. 이에는 불현성감염과 현성감염이 있는데, 이는 병원체의 병원력과 숙주의 면역 정도에 따라 결정된다. 가장 바람직한 병원체와 숙주와의 관계는 불현성감염이다. 진화론적으로 병원력과 독력이 큰 병원체에 의한 감염은 숙주인 인간이 질병으로 사망하거나 미리 격리를 실시하고 화학요법등 치료제와 예방방법을 사용하므로, 병원체가 전파될 기회를 상실한다. 숙주 입장에서 불현성감염으로 면역을 획득하므로, 위중한 감염을 미리 막을 수 있어 불현성감염이 바람직하다.

• 질병 발생의 숙주 요인

숙주인 인체는 구조적 기능적 방어 기전을 갖는다. 외부와 접하는 피부나 점막은 병원체의 침입을 막기 위해 지질층이나 눈물, 점액, 위액으로 보호하고, 기도의 이물질을 제거하기 위해 기침과 재채기를 한다. 그외 중요한 기관을 보호하기 위해 막과 골격으로 싸고 있으며, 병원체 침입시 염증 반응을 시작으로 식균 작용을 한다.

다음은 숙주의 생물학적 요인으로 이에는 연령, 성, 종족 등 역학적 변수가 있고, 숙주의 건강상태 또한 병원체 정착에 영향을 준다. 콜레라 유행시 우선 피해자는 노령층과 간질환 등 소화기계 질병이 있는 숙주이고 이들에게 중증 감염이 많이 발생한다.

마지막으로 감염의 성패에 영향을 주는 요인은 숙주의 면역상태이다. 면역은 자신이 아닌 이물질을 인지하는 능력으로 네종류가 있다. 숙주가 감염을 받아 생긴 면역이 능동면역이고, 다른 숙주가 획득한 면역을 주입받으면 피동면역이라고 하면, 각각 면역이 자연상태에서 생겼으면 자연면역, 아니면 인공면역이다. 자연적으로 감염되어 획득한 면역은 자연능동면역, 간염백신을 맞아 생긴 면역은 인공능동면역, 신생아가 어머니로부터 받는 면역은 자연피동면역이고, B형면역글로부린을 주입받으면 인공피동면역이다.

3) 환경 요인

환경은 생물학적 환경, 물리적 환경, 사회경제적 환경으로 분류한다. 그러나 환경은 복합적으로 작용하는데, 홍수나 가뭄 등 자연재해가 발생하면 사회경제적 상태가 나빠지고, 위생 상태가 불량해지며, 이로써 파리 등 매개 곤충이 많아져, 장티프스와 콜레라 같은 수인성 전염병이 유행하게 된다.

1984년 유행했던 렙토스피라증은, 홍수로 인해 추수할 논이 물에 잠겨 논두렁 들쥐집에 있던 렙토스피라균이 고인 논물에 생존하다가 추수하는 인간 숙주에게 전파되었던 것으로 환경이 질병 유행에 결정적 요인이 되었던 예이다.

4. 感染管理에 疫學의 活用

지금까지 감염병의 역학적 특성을 살펴보았다. 기존 감염병이 유행할 때, 혹은 새로운 감염병이 발생했을 때, 질병의 자연사를 알고 그 원인을 구명하며 관리 방법을 모색할 때, 감염병의 이런 모든 특성을 활용하여야 한다.

1) 자연사 연구

감염병의 질병 과정은 가설역학적 연구 방법으로 확인한다. 1984년 원주를 중심으로 한 주변 지역에서 유행성페출열이 발생했을 때, 이 감염병의 자연사가 기존의 유행성출혈열과는 다른 출혈열이라는 가설을 감염 과정의 자세한 기술로 구할 수 있었다. 1982년 미국의 질병관리소에 새로운 감염증이 보고되어, 보고된 사례를 중심으로 감염자인 숙주의 인적, 사회적, 행태적 특성별 감염률을 확인한 결과, 새로운 질병은 후천적으로 인체의 면역기전을 파괴하는 바이러스 감염병으로, 주로 성적 접촉과 혈액으로 감염됨을 확인하였다.

많이 활용하지는 않으나 질병의 자연사를 확인하기 위해, 이론역학적 방법으로 잠복기를 추정하고, 감염병의 유행모형을 확인하여, 감염력에 대한 모형을 구하기도 한다.

2) 원인 구명, 치료, 예방

원인 구명은 분석역학적 연구 방법을 이용한다. 앞서 예를 든 후천성면역결핍증의 경우 초기에는 동성연애군이 위험집단으로 추정되었으나, 단면연구나 환자대조군연구로 그보다는 문란한 성적 접촉이 더 중요한 위험요인임을 확인하였다. 그 후 실험실에서 바이러스를 분리하여 이 사실을 뒷받침 하였다.

새로운 치료제나 관리 방법은 임상실험(Clinical trial)이나 지역사회실험연구(Interventional study)방법을 활용한다. 자세한 내용은 김정순저(1990, 수문사) 역학원론을 참고하면 된다.

3) 감시체계 확립

인간과 미생물의 관계는 계속 진화한다. 따라서 미생물의 변종이 생길 수도 있고, 또 인간의 행태가 변화됨에 따라 기존 감염병의 병원력이나 독력이 변화될 수 있고, 새로운 감염병이 출현할 수 있다. 후천성면역결핍증은 인간의 문란한 성생활이 바이러스에게 새로운 전파 경로를 열어주어 전세계적으로 유행하게 된 것이다.

그러므로 언제, 어디서 감염병이 발생한다는 정보를 즉시 파악하는 것이 감염병 관리에 중요하다. 국가마다 그 나라 국민의 건강문제가 되는 감염병의 신고 체계를 확립하고 있다. 우리나라도 의사에게 법정전염병의 신고 의무를 지키도록 해, 전염병의 발생 즉시 보고받아 관리한다. 그러나 아직 일선의료인의 협조 부족과 관료적 행정으로 감시체계가 융통성있게 운영되지 못하는 경향이 있다.

또 우리나라 국립보건원에서 발행하는 감염병 발생보고와 미국의 질병관리소의 weekly newsletter는 감염병의 발생 동향을 즉시 관련자에게 알려, 유행적 발생을 예방하고 새로운 감염병의 출현을 조기에 파악해 관리하기 위한 정보 체계이다.

5. 流行 調査

1) 유행의 인식

유행조사는 이 사건이 유행적 발생인지 아닌지부터 파악하여야 한다. 이 판단 과정의 첫단계는 발생한 환례의 정확한 기준을 정한다. 기존의 감시체계를 통해 보고된 사례가 일치하는지, 또 유사한 사례가 더 있는지를 확인하고, 과거의 발생률과 비교하여 유행의 유무를 결정한다.

새로운 질병은 처음에는 범위를 넓게 잡은 기준을 사용하고, 사례가 수집되면 좀더 정확한 기준으로 사례를 수집하여, 유행의 기준을 명확히 한다. 또 필요하다고 생각되는 검체는 미리 채취해 보관하여, 나중에 필요한 검사를 할 수 있도록 한다.

2) 유행의 역학적 특성 파악

다음으로 하여야 하는 작업은 유행의 역학적 특성을 파악하는 것이다. 역학적 특성은 기술역학적 변수를 이용하여 인적, 시간적, 지역적 특성별 소집단 발생률을 구한다. 인적 특성은 연령, 성, 경제상태, 직업, 결혼여부, 교육수준 등이고, 지역적 특성은 지점도(spot map)로 지역별 분포를 파악하며, 시간적 특성은 유행곡선을 그려 단일감염원에 의한 것인지, 아니면 다수 감염원이 있는지를 확인한다.

3) 가설 설정 및 관리 대책 수립

역학적 변수별 발생률로 위험집단으로 확인된 집단의 속성과 본 유행과의 관계를 추정하여 병원소, 병원체, 전파방식에 대한 가설을 세운다.

가설을 세울 때는 토착적 발생 사례가 본 유행 사례로 간주되지 않았는지, 본 유행과 관련없는 사례를 본 유행으로 간주하지 않았는지, 가설에서 설정한 전파 방식과 병원소 등이 잘못 설정되지 않았는지를 확인하여야 하며, 혹시 의혹이 생기면 즉시 가설을 다시 확인하여야 한다.

가설이 설정되면 유행조사가 완료되기 이전이라도, 가설에 준하는 관리 대책을 수립하고 실시

하여야 한다.

6. 結 言

4) 분석역학적 연구 방법으로 가설 검증

단면연구, 환자대조군연구, 코호트연구 등 분석역학적 연구 방법을 이용해 원인을 확인한다. 유행조사는 원인과 결과사이의 노출기간이 짧으므로, 가설에 나타난 원인에 노출된 군과 노출되지 않은 군 사이의 발생률을 비교하는 코호트조사를 하기가 쉽다.

5) 실험 연구로 원인 확인

분석역학적 연구로 가설이 확인되면 다음은 실험실에서 원인을 확인하여야 한다. 임상실험 연구 방법을 적용하는데 기본 원리는 Koch의 가정이다. 원인이라고 생각하는 병원체를 배양하고, 배양한 병원체를 감수성있는 동물에 주사했을 때 병원체가 증식하여 증상이 나타나고, 다시 순수 배양으로 분리하여야 한다. 그러나 유행조사시 대개 환자에게 병원체를 확인하는 수준에서 유행조사가 종료되는 것이 대부분이고, 나머지 단계는 관심있는 연구자에 의해 수행된다.

6) 최종 관리 대책 수립 및 보고서 작성

가설에서 유도된 관리 대책으로 다시 한번 관리방법의 효과를 확인하고, 유행이 종식되면 조사는 완료하고 이에 대한 보고서를 작성한다.

보고서는 서론, 연구방법, 결과, 토의, 책임자에게 제언, 유행조사에 도움준 사람에게 사의를 표명하는 순서로 작성한다.

최근에 배포된 'outbreak'라는 영화가 있다. 좀 과장이 심하기는 하나 감염병의 속성과 역학적 조사 방법을 잘 표현하였다. 미생물의 변이주가 생기는 과정, 이에 따라 전파경로가 바뀌는 것, 감시체계의 중요성 등이 잘 나타나 있다.

전세계가 하나의 생활권화되어, 지구 반대편에서 발생한 감염병이 언제 어떤 경로로 우리에게 전파될지 모른다. 따라서 나라의 질병감시체계가 철저해야 하고, 그러기 위해 보건의료인의 자발적 신고 등 적극적 참여가 필요하다. 특히 병원, 산업장, 학교, 지역사회 등 다양한 현장에서 수많은 대상을 직접 만나는 간호사는 감염병의 속성을 이해하고 질병관리체계에 적극 참여해야 하겠다. ■

참 고 문 헌

김정순(1990), 역학원론 4판, 서울 : 신광출판사

김정순(1991), 역학각론(감염병), 서울 : 신광출판사

이성은, 최강원(1987), 정맥내 수액요법 발생한 미상열에 대한 역학 조사, 한국역학회지, 9(2), 217~227.

김정순(1984), 유행성 폐출혈열의 원인 구명을 위한 분석학적 연구, 한국역학회지, 6(1), 8~15.

정용, 옥치상(1993), 인간과 환경, 서울 : 지구문화사.