



바이러스의 특성과 감염관리

노지윤

고려대학교 의과대학 감염내과

Characteristics of Viruses and the Infection Control

Ji Yun Noh

Division of Infectious Diseases, Department of Internal Medicine, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

Received November 30, 2020
Revised December 7, 2020
Accepted December 7, 2020

Corresponding author: Ji Yun Noh
E-mail: jynoh@korea.ac.kr
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-8541-5704>

Viruses threaten human health continuously. The increasing number of aged persons and immunocompromised hosts, and activities of international trade and travel are contributing factors to the acceleration of viral transmission. In this article, the structure and replication of viruses, viral stability in the environment, and disinfection of major viruses are described. Reduction of viral transmission through proper disinfection is an important control measure of viral infection. The efficacy of a disinfectant depends on several factors such as the type and concentration of the disinfectant, reaction time, amount of virus, and characteristics of the virus. Understanding the characteristics of viruses may help establish more effective infection control strategies.

Key Words: Virus, Disinfection, Infection control

Introduction

바이러스는 지속적으로 인류의 건강을 위협하고 있으며 특히 최근 신·변종 바이러스가 빈번히 출현하고 있다. 인구의 고령화, 면역저하자의 증가, 국제 교역 및 여행의 증가는 바이러스 전파 가속화에 기여하는 요인이다. 해마다 계절인플루엔자 바이러스 유행으로 연간 인구 10만명 당 4.0-8.8명이 인플루엔자 연관 호흡기 질환으로 사망하는 것으로 추정된 바 있다[1]. 2019년 12월 중국 우한에서 시작된 코로나바이러스감염증-19는 2020년 11월 말 현재 전 세계적으로 6천2백만명 이상의 환자와 145만명 이상의 사망자가 발생한 것으로 보고되었다[2].

바이러스는 핵산을 갖고 있지만 새로운 바이러스로 증식하기 위해 필요한 기구를 갖고 있지 않으며, 특징적으로 숙주 세포를 감염시킨 뒤 숙주 세포에 기생하여 증식한다. 바이러스의 통제 전략은 바이러스의 특성에 대한 이해를 바탕으로 수립할 수 있다. 이 글에서는 바이러스의 구조 및

증식과정, 환경에서의 안정성과 주요 바이러스의 소독에 대해 기술하였다.

Main Body

1. 구조

1) 핵산

바이러스의 핵산은 바이러스의 내부에 존재하며 핵산의 종류에는 단일가닥(single-stranded) DNA, 단일가닥 RNA, 이중가닥(double-stranded) DNA, 이중가닥 RNA의 네 가지가 있는데 바이러스는 이 중 한 가지의 핵산을 가진다. 핵산은 선형이거나 원형이며 DNA는 단일 분자이지만 RNA는 단일 분자 또는 여러 분절로 존재할 수 있다 [3,4]. 예를 들면, A형 및 B형 인플루엔자 바이러스의 핵산은 8개의 RNA 분절로 구성되어 있다.



2) 캡시드(capsid)

핵산은 단백질 막인 캡시드로 둘러싸여 있으며 캡시드는 캡소미어(capsomere)라는 소단위로 구성되어 있다. 핵산과 캡시드 단백질로 구성된 구조를 뉴클레오캡시드(nucleocapsid)라고 부르며, 캡소미어의 배열에 따라 뉴클레오캡시드의 형태가 결정된다. 정이십면체형(icosahedral)의 뉴클레오캡시드는 캡소미어가 20개의 삼각형으로 배열되어 있으며 대칭적인 모양을 형성하고 있다. 나선형(helical)의 뉴클레오캡시드는 캡소미어가 속이 빈 코일 모양으로 배열되어 있으며 막대 모양을 띄고 있다[3].

3) 단백질

캡시드 단백질은 바이러스의 핵산을 보호하며 바이러스의 표면에 있는 단백질은 바이러스의 숙주세포 수용체 부착에 관여한다. 바이러스의 외부에 있는 단백질은 항원으로 작용하여 항체반응을 유도할 뿐 만 아니라 항체의 타겟이 된다. 바이러스의 내부에는 바이러스의 구조를 유지하는 단백질이 있으며 바이러스의 mRNA 합성에 관여하는 중합효소가 있다[3].

4) 외피(envelope)

바이러스의 외피는 뉴클레오캡시드가 발아(budding) 과정으로 세포막을 통해 나올 때 획득되며 바이러스의 외피는 숙주 세포막의 지질과 바이러스 특이 단백질로 구성된다. 지질은 대부분의 외피보유바이러스 무게의 20-35%를 차지하는데, 바이러스 외피 지질의 50-60%는 인지질이며 나머지 대부분은 콜레스테롤로 구성된다[5]. 이러한 외피가 있는 바이러스를 외피보유바이러스(enveloped virus)라고 부르고 외피가 없는 바이러스를 외피비보유바이러스(non-enveloped virus)라고 한다.

일반적으로 외피보유바이러스가 외피비보유바이러스에 비하여 열, 건조, 세척제 및 지질 용제에 민감하여 쉽게 불활화된다. 외피비보유바이러스는 여러 환경 요인에 저항성을 갖고 있으므로 외부 환경에서 오래 생존할 수 있고, 산과 담즙에 저항성이 있어서 위장관을 통한 감염의 주요 원인이 된다[3,4]. 주로 분변-경구 경로로 전파되는 노로바이러스, 로타바이러스, 콕사키바이러스, 폴리오바이러스 등이 외피비보유바이러스에 속한다(Table 1).

Table 1. Enveloped viruses and non-enveloped viruses

Virus	
DNA enveloped virus	Cytomegalovirus, Epstein-Barr virus, hepatitis B virus, varicella-zoster virus
DNA non-enveloped virus	Adenovirus, Papillomaviruses
RNA enveloped virus	Human immunodeficiency virus, hepatitis C virus, influenza virus, measles virus, mumps virus, respiratory syncytial virus, rubella virus, severe acute respiratory syndrome coronavirus 2
RNA non-enveloped virus	Coxsackievirus, hepatitis E virus, norovirus, poliovirus, rotavirus

2. 증식

1) 부착

바이러스 표면 단백질이 숙주 세포의 특이적인 수용체에 부착된다. 특정 숙주 세포의 수용체에 대한 바이러스 표면 단백질의 친화성이 바이러스에 감수성이 있는 숙주의 범위와 숙주 내에서 감염이 일어나는 특정 부위를 결정한다.

2) 투과(penetration)

외피보유바이러스는 바이러스의 외피와 세포의 외막의 융합(fusion)을 통해 세포 내로 침투한다. 외피보유바이러스의 일부와 외피비보유바이러스는 바이러스세포내이입(viropexis)을 통해 세포 내로 들어가는데 바이러스의 스파이크가 숙주 세포의 수용체에 결합한 후 형질막이 바이러스입자(virion)를 둘러싸고 섭취소체 소포(endosomal vesicle)를 형성한다[6]. 탈외각(uncoating)은 바이러스의 단백질이 제거되고 핵산이 유리되는 과정이다.

3) 단백질 합성 및 복제

바이러스의 mRNA가 합성된 후 바이러스 단백질이 합성된다. 핵산의 복제 전에 바이러스의 핵산 복제 과정에 필요한 효소가 합성되고(초기 단백질), 이후 핵산 복제 후에 후기 단백질인 구조에 관여하는 단백질이 합성된다.

4) 조립 및 방출

바이러스의 핵산과 캡시드 단백질로 자손 바이러스가 조립되며, 바이러스 입자는 두 가지 방법으로 세포 밖으로 방출된다. 일반적으로 외피비보유바이러스는 세포막이 파괴되고 성숙된 바이러스 입자가 방출되며, 외피보유바이러스의 경우 외부의 세포막을 통해 발아하여 방출된다[7].

3. 환경에서의 안정성

환경 표면에서 바이러스의 생존 기간은 바이러스의 전파에 영향을 끼치는 중요한 요인 중 하나이다. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2)는 구리나 판지에서 보다 플라스틱과 스테인리스 스틸에서 안정적으로 유지되는 것으로 알려졌다. 플라스틱의 표면에서는 72시간 경과 후에도 살아있는 바이러스가 검출되었으나, 구리와 판지에서는 각각 4시간과 24시간 후에 바이러스가 검출되지 않았다[8]. SARS-CoV-2는 20℃에서 테스트했을 때 유리, 스테인리스 스틸, 종이와 폴리머 지폐의 표면에서 28일까지 살아있는 바이러스가 검출되었으며, 40℃에서는 24시간 이내에 바이러스의 역가가 99.99% 감소하였다[9].

로타바이러스, 노로바이러스와 같은 외피비보유바이러스는 외부 환경에서 장시간 생존할 수 있다. 로타바이러스는 영유아에서 발생하는 위장관염의 흔한 원인 병원체로, 의료기관 내 로타바이러스 유행이 보고되었다[10]. 분변-경구 경로로 전파되며 의료기관 종사자의 손을 통해 사람 간 전파가 발생할 수 있으며, 로타바이러스는 실온의 환경 표면에서 90분에서 10일 이상, 손에서 4시간 이상 생존하는 것으로 알려졌다[11] (Table 2).

Table 2. Viral infection and type of precaution [22-24]

Infection	Type of precaution
Epstein-Barr virus infection	Standard precaution
Norovirus infection	Contact precaution + Standard precaution
Rotavirus infection	Contact precaution + Standard precaution
Herpes zoster (Disseminated disease and localized disease in immunocompromised host until disseminated infection ruled out)	Airborne precaution + Contact precaution + Standard precaution
Herpes zoster (Localized disease in immunocompetent host with lesions that can be contained or covered)	Standard precaution
Human immunodeficiency virus	Standard precaution
Seasonal influenza	Droplet precaution + Standard precaution
Measles	Airborne precaution + Standard precaution
Respiratory syncytial virus infection (infants, young children and immunocompromised adults)	Contact precaution + Standard precaution

4. 소독

외피보유바이러스는 지질로 구성된 외피를 갖고 있어, 외피보유바이러스의 불활화에는 친지질성(lipophilic)의 소독제가 주로 사용된다. 반면 외피비보유바이러스를 불활화하려면 바이러스의 캡시드 단백질이나 증식에 필수적인 단백질의 변성이 필요하여 글루탈알데하이드(glutaraldehyde)나 차아염소산나트륨(sodium hypochlorite)이 효과적이다[12,13].

의료기관에서 SARS-CoV-2에 대한 환경 소독제로 0.1% (1,000 ppm) 차아염소산나트륨 또는 바이러스에 대한 효과가 입증된 소독제를 사용할 수 있고, 차아염소산나트륨에 의해 손상될 수 있는 표면의 경우 중성 세제로 세척한 후 70% 이상의 에탄올을 이용할 수 있다[14]. 국내 코로나 바이러스감염증-19 의료기관 감염예방·관리에서는 의료기관에서 SARS-CoV-2에 대한 환경 관리를 위한 소독제로 차아염소산나트륨(1,000 ppm)과 70% 알코올 등을 권장하고 있다[15]. 차아염소산나트륨의 접촉시간은 구멍이 없는 표면은 10분 이상, 물품 침적 시 30분 이상 침적할 것을 권고하였다[15]. 소독제를 준비, 희석 및 사용할 때는 안전한 사용과 화학 물질의 혼합 방지를 위해 제조사의 권장사항을 따라야 한다[16].

소독제 스프레이(0.1% ortho-phenylphenol, 79% 에탄올), 6% 차아염소산나트륨(800 ppm 유리 염소), 페놀 제제(1:256으로 수돗물에 희석한 14.7% 페놀)를 로타바이러스로 오염된 스테인리스 스틸 디스크에 분사하여 3-10 분간 노출시킨 후 자원자의 손가락으로 로타바이러스의 전파 정도를 측정한 결과 바이러스의 전파가 저해되었으나, 4급 암모늄 제제(1:128로 수돗물에 희석한 7.05% 4급 암모늄 제제)와 수돗물은 바이러스의 전파를 막지 못했다[17]. 95% 에탄올, 70% 이소프로판올, 일부 페놀, 2% 글루탈알데하이드, 0.35% 과초산(peracetic acid), 일부 4급 암모늄 제제는 1분 이내에 로타바이러스를 3 log₁₀ 이상 감소시키는 효능을 보여주었다[11].

노로바이러스는 전 연령대에서 급성 위장관 감염을 일으키며 특히 저온에서 바이러스의 활동이 활발하여 겨울철 식중독의 주된 원인으로 알려져 있다. 분변-경구 경로를 통해 감염되며 사람 간 접촉이나 환경 접촉을 통해 전파된다. 감염자의 분변과 구토물에 많은 수의 바이러스입자가 존재하며 적은 수의 바이러스로도 쉽게 감염될 수 있다[18]. 노로바이러스는 적절한 동물모델이 없고 조직 배양이 되지 않기 때문에 노로바이러스의 불활화에 대한 연구

자료가 부족하다. 다만 환경에서 노로바이러스의 생존기간을 가늠하는 데에 노로바이러스와 같은 family *Caliciviridae*에 속하면서 배양이 가능한 feline calicivirus의 연구 결과를 참고할 수 있다.

건조한 상태의 feline calicivirus는 실온에서 21-28 일간 생존했으나 37℃에서는 하루 이상 생존하지 못했다 [19]. 1,000 ppm의 염소가 feline calicivirus의 역가를 1분 동안 4.5 log₁₀ 가량 감소시켰고 500 ppm의 농도로는 10분간 접촉시켰을 때 바이러스 역가가 동일한 수준으로 감소했으나, 100 ppm까지 염소의 농도를 희석했을 때는 5분간의 처리에도 바이러스의 역가가 감소하지 않았다 [20]. Feline calicivirus를 3분간 5,000 ppm의 accelerated hydrogen peroxide와 79% 에탄올 및 0.1% 4급 암모늄 혼합 제제에 각각 노출시켰을 때 바이러스 역가가 4 log₁₀ 이상 감소하였으며, 1:256 농도로 희석한 4급 암모늄 제제에 feline calicivirus를 10분간 노출했을 때 바이러스가 불활화된 것으로 보고되었다[20,21].

Conclusion

바이러스는 지속적으로 인류의 보건을 위협하고 있으며 효과적인 소독을 통한 바이러스의 전파 감소 및 차단은 바이러스 감염을 통제하기 위한 중요한 수단 중 하나이다. 소독제의 효과는 소독제의 종류와 농도, 반응시간, 바이러스의 양, 바이러스의 특성 등 여러 요인에 따라 달라진다. 바이러스의 특성에 대한 이해는 더욱 효과적인 감염관리 전략 수립에 도움이 될 것이다.

References

1. Iuliano AD, Roguski KM, Chang HH, Muscatello DJ, Palekar R, Tempia S, et al. Estimates of global seasonal influenza-associated respiratory mortality: a modelling study. *Lancet* 2018;391:1285-300.
2. Johns Hopkins University & Medicine. COVID-19 dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU). <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> (Updated on 30 November 2020)
3. Levinson W, Chin-Hong P, Joyce EA, Nussbaum J, Schwartz BS. Review of medical microbiology & immunology: a guide to clinical infectious diseases. 16th ed, New York; McGraw-Hill Education, 2020:220-5.
4. Goering RV, Mims CA, Dockrell HM, Zuckerman MA, Chiodini PL. Mims' medical microbiology and immunology. 6th ed, Edinburgh; Elsevier, 2019:27-34.
5. Burrell CJ, Howard CR, Murphy FA. Virion structure and composition. In: Burrell CJ, Howard CR, Murphy FA, ed. Fenner and White's medical virology. 5th ed, London; Academic Press, 2017:27-37.
6. Ryan KJ. Sherris medical microbiology, 7e. 7th ed, New York; McGraw-Hill Education, 2017.
7. Levinson W, Chin-Hong P, Joyce EA, Nussbaum J, Schwartz BS. Review of medical microbiology & immunology: a guide to clinical infectious diseases. 16th ed, New York; McGraw-Hill Education, 2020:226-37.
8. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020;382:1564-7.
9. Riddell S, Goldie S, Hill A, Eagles D, Drew TW. The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces. *Virol J* 2020;17:145.
10. Tsai HC, Tsai MT, Sheng WH, Wang JT, Tsao PN, Chou HC, et al. Rotavirus gastroenteritis outbreaks in a neonate intermediate care unit: direct detection of rotavirus from a computer keyboard and mouse. *J Microbiol Immunol Infect* 2019;52:888-92.
11. Rutala WA, Weber DJ; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities, 2008. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/disinfection-guidelines-H.pdf> (Updated on May 2019).
12. Lin, Q, Lim, JYC, Xue, K, Michelle Yew PY, Owh C, Chee PL, et al. Sanitizing agents for virus inactivation and disinfection. *VIEW* 2020;1:e16.
13. Yoo JH. Review of disinfection and sterilization- back to the basics. *Infect Chemother* 2018;50:101-9.
14. European Centre for Disease Prevention and Control. Disinfection of environments in healthcare and non-healthcare settings potentially contaminated with SARS-CoV-2. https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Environmental-persistence-of-SARS_CoV_2-virus-Options-for-cleaning2020-03-26_0.pdf (Updated on March 2020).
15. 중앙방역대책본부. 코로나바이러스감염증-19 의료기관 감염예방·관리 (병원급 의료기관용). <http://ncov.mohw.go.kr/duBoardList.do?brdId=2&brdGubun=24> (Updated on 10 March 2020)
16. World Health Organization. Cleaning and disinfection of environmental surfaces in the context of COVID-19: interim guidance, 15 May 2020. Geneva; World Health Organization, 2020:1-8.
17. Sattar SA, Jacobsen H, Rahman H, Cusack TM, Rubino JR. Interruption of rotavirus spread through chemical disinfection. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1994;15:751-6.
18. Esposito S, Principi N. Norovirus vaccine: priorities for future research and development. *Front Immunol* 2020; 11:1383.

19. Doultree JC, Druce JD, Birch CJ, Bowden DS, Marshall JA. Inactivation of feline calicivirus, a Norwalk virus surrogate. *J Hosp Infect* 1999;41:51-7.
20. Sattar SA. Microbicides and the environmental control of nosocomial viral infections. *J Hosp Infect* 2004;56 Suppl 2:S64-9.
21. Jimenez L, Chiang M. Virucidal activity of a quaternary ammonium compound disinfectant against feline calicivirus: a surrogate for norovirus. *Am J Infect Control* 2006; 34:269-73.
22. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L; Health Care Infection Control Practices Advisory Committee. 2007 guideline for isolation precautions: preventing transmission of infectious agents in health care settings. *Am J Infect Control* 2007;35(10 Suppl 2):S65-164.
23. Centers for Disease Control and Prevention. Type and duration of precautions recommended for selected infections and conditions. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/isolation/appendix/type-duration-precautions.html> (Updated on September 2018).
24. Baek JH, Seo YB, Choi WS, Kee SY, Jeong HW, Lee HY, et al. Guideline on the prevention and control of seasonal influenza in healthcare setting. *Korean J Intern Med* 2014;29:265-80.