

한국 코로나19 유행기에 대한 제안

이무식*

건양대학교 의과대학 예방의학교실

**Suggestions for Setting on Period of Epidemic Waves
in COVID-19 Epidemic of South Korea**

Moo-Sik Lee*

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Konyang University

= Abstract =

Objectives: In the epidemiology of communicable diseases, the term epidemic period, also referred to as "wave" is often used in the general and academic milieu. A wave refers to a natural pattern of increase in the number of sick individuals, a defined peak, and then a decline in the number of cases. It implies a pattern of peaks and valleys after a particular peak is taken. The idea of epidemic waves is a useful tool for predicting the course as well as helping to accurately describe an epidemic. However, in many domestic and foreign news as well as in various research results in Korea, most of the reports either had no standard, were inaccurate, had a questionable classification of the period of the epidemic, or the basis for classification of a given wave was not presented.

Methods: The author reviewed and organized related literature with epidemic wave. The author made several suggestions of an epidemic wave as follows.

Results: To start with, it should be based on the number of incident cases in consideration of the size of the outbreak, then the period from the bottom to the peak and then reaching the next bottom; also, the period over a certain scale based on the number of incident cases; and the period according to the change in the major infection type (mutation-dominant species). In addition, according to the period of change in the vaccination rate (formation of herd immunity), as well as the content and duration of the intervention, that is, classification according to the applied quarantine stage. Furthermore, the classification of epidemic periods by the time-dependent reproduction number or time-varying reproduction number (R_t), and lastly the application of mathematical methodology.

Conclusions: Therefore, classifying the epidemic period into generally known and accepted time frames is considered to be a very important task for future research analysis and development of intervention strategies.

Key words: COVID-19, Epidemic, Korea

* Received October 1, 2021; Revised May 18, 2022; Accepted May 20, 2022.

* Corresponding author: 이무식, 대전광역시 서구 관저동로 158 건양대학교 의과대학 예방의학교실

Moo-Sik Lee, Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Konyang University, 158 Gwanjeodongro, Seogu, Daejeon, 35365, Korea

Tel: +82-42-600-8670, Fax: +82-42-600-1641, E-mail: mslee@konyang.ac.kr

서론

2020년부터 시작된 코로나19의 유행에서 많은 뉴스 보도와 연구 결과 보고가 쏟아지고 있다. 그 중에서도 유행의 차수 즉, 제1차 유행, 제2차 유행 등 유행기에 대한 언급이 드물지 않았고, 차기 유행에 대한 예측과 대비에 대한 강력한 조치 등을 촉구하는 예가 빈번하였다. 뉴스 등 일반적인 보도에서는 유행기, 즉, 1, 2, 3차 유행 등 n차 유행, 영문으로 파도(wave) 즉, 1차, 2차, 3차 파도로 표현되기도 한다. 그러나 이 용어 사실 역학에서 정확한 정의가 없는 과학적인 용어라기보다는 은유적 표현 용어에 가깝다[1]. 세계보건기구(WHO) 및 기타 국제적인 보건기구는 종종 대유행(pandemic)의 “파도”를 언급하지만 공식적인 정의는 존재하지 않는다[2]. 지금까지 세계 어느 보건기구도 정의하지 않고 있다.

이러한 유행기 또는 파도에 대한 정의의 부재로 인하여 대부분의 역학, 예방의학 및 보건학, 관련 보건의로 분야의 연구와 보고서 등에서 각기 다른 조작적 정의로 인하여 많은 혼란과 결과 해석을 어렵게 하고 있는 것이 사실이다. 또한 시시각각 역학적 상황을 고려한 방역 및 사회적 중재에 대한 효과검정 등의 연구에 큰 영향이 있을 것으로 생각된다.

이에 저자는 현재 우리나라를 포함한 세계 각국의 코로나-19 유행 등 감염병 분야에서의 파도(wave)의 의미와 유행기 즉, 1차, 2차 유행, n차 유행(파도)의 등 기간 설정 또는 정의 등에 대한 제안을 하게 되었다.

본론

공중보건학자들은 1889~1892년 사이의 인플루엔자 유행시기와 1918~1929년 “스페인 독감”이 유행하는 동안 감염의 다양한 정점과 최저치를 설명하기 위해 이 용어를 처음 사용하기 시작했다. 19세기에 통계학자와 의학자들은 전염병 데이터에서 패턴과 순서를 찾기 시작했고, 몇 가지 뚜렷한 규칙성을 발견했는데 한 사람은 그가 발

견한 것을 ‘격렬한 바다의 파도(the waves on an enraged sea)’에 비유했다. 전염병의 파도에 대한 이 아이디어는 문제의 질병에 감염된 개인의 수(신규 보고된 사례)를 정확하게 설명하는 데 도움이 된다. 또한 전염병의 경과를 예측할 수 있는 가능성을 제공하는 유용한 도구가 된다. 이러한 이유로 역학뿐만 아니라 생물학, 수학 등의 분야에서도 이 주제에 관심을 갖게 되었다. 그러나 후천성면역결핍증후군 및 결핵과 같은 모든 감염병이 이러한 패턴을 따르는 것은 아니다. HKU1 코로나바이러스(human coronavirus HKU1, HCoV-HKU1)와 같은 계절적 파동 패턴을 따르는 몇 가지 질병은 겨울 기간에 감기 등을 유발하고 최고 정점에 도달한다.

인플루엔자 유행에서는 방학이 감염의 유행을 줄이는 기전 중 하나로 생각하였는데, 여름 방학기간의 접촉 감소는 겨울이 오기 전 여름 기간 중의 최저 발생으로 이어졌다[3]. 1918년과 2009년의 발병은 모두 봄에서 시작하여 여름까지 이어졌다는 점에서 유사한데 이러한 봄·여름 감염 초기 발생 지연은 전체 발병 속도에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 생각되었다[4]. 이전 세계적인 대유행은 수개월에 걸쳐 확산된 파도가 특징인 것으로 제안되었으나 인플루엔자 전염병 및 대유행 모두에 걸쳐 그러한 패턴에 대한 일관되지 않은 증거가 있었다. 즉, 다음 해에 빠르게 계절성을 나타내고 다른 급성호흡기바이러스와 함께 순환하는 추운 날씨에 유행하는 계절성 패턴의 경향이 있었다[5]. 그러나 인체와 사회 영향에 따른 일관된 형태는 없었고 게다가, 이들 유행 감염 중에 어느 것도 한 번에 전체 인구집단을 감염시킬 수 없었다. 지금까지 인플루엔자 유사 질병(ILL)과 관련된 코로나바이러스는 계절적 순환을 보이며, 리노바이러스 및 인플루엔자와 같은 다른 병원체와 마찬가지로 인플루엔자 유사 질병의 원인이다[6].

영국과 같은 국가에서는 대부분의 겨울 시즌에 다양한 유형의 코로나바이러스가 공존하며, 현재 발병은 북반구의 위도 및 코로나-19 사망 및 사례와 관련이 있다[7]. 높은 온도는 SARs-CoV-2의

생존에 영향을 미칠 가능성이 있는데, 결과적으로 온도와 상대 습도가 높은 국가에서는 이러한 이유로 발병을 관리하기가 더 쉬웠을 수 있었을 것이나 대부분의 주요 발병은 좁은 온도 대역 내에서 발생했지만 일부 국가에서는 동일한 온도 대역에서 유사한 발병이 없어 이러한 차이의 이유는 현재 명확하지 않다[8].

파도(wave)는 특정 정점(peak)을 찍은 후 감소하는(valley) 환례의 증감의 자연적인 형태(pattern)을 말한다. 그래프에서 그것은 증가하고, 위로 올라갔다(upward)가 감소하는(downward) 파동의 모양과 유사하게 보인다. 파도는 경우에 따라 급증 또는 집단발생(surge or outbreak)이라고도 할 수 있다[2].

파도의 그림에서 출발하여 발전된 개념이 유행곡선이라고 할 수 있겠다. 유행곡선(epidemic curve)은 질병 또는 기타 건강 사건의 발생빈도 분포를 시간 간격으로 표시한 히스토그램으로 가능한 전파 유형 등 감염병의 특성을 나타낸다. 유행곡선의 양상은 병원체, 세대기, 전파 양상, 폭로 형태와 기간, 잠복기, 감수성 있는 사람 수 등에 따라 달라진다. 유행의 시간적 구성(time components of an outbreak)으로 유행의 시작(start), 종결(end), 기간(duration), 절정(peak) 그리고 극단치(outliers) 등에 대한 정보를 제공하며, 전파경로(route of transmission), 노출기간(probable exposure period), 잠복기(incubation time) 등 가설검정에 도움(helps to form hypotheses on)을 주기도 한다[9].

파도의 그림은 전염병의 행동을 설명, 분석 및 예측하는 데 오랫동안 사용되어 왔다. 사실 유행곡선(epidemic curve)은 COVID-19 데이터를 시각화하고 추론하는 데 도움이 되지만 부분적으로 공중보건 관리 및 예측을 위한 도구 역할을 하는 등에서 더 유용하다.

국가별, 지역별로 각 파도의 특징이 다른데 같은 국가 내에서도 다른 인구집단에 다른 영향을 미칠 수 있다[2]. 예를 들면 감염병이 계절성이 있을 경우라든지 다른 인구집단에 비해 기저질환이 있는 노인인구에게 더 큰 건강영향을 미친

다든지 등에 달려 있다. 계절 및 기온에 따른 실내·외 활동과 거주 등의 영향도 있을 것이다. 파도는 인구집단이 일정한 면적 수준에 도달함으로써 극적으로 향상될 수 있다. 더 많은 사람들이 코로나19에 면역을 가지게 됨에 따라 확산이 멈추고 결국 바이러스는 더 이상 감염시킬 사람을 잃게 된다.

2020년 1월에서 2021년 1월 사이의 코로나19 유행에서 첫 번째 파도는 바이러스가 많은 사람들에게 매일 점점 더 전파, 확산하기 시작하여 일일 최대 환례 수에 도달했음을 의미한다. 첫 번째 파도 기간 동안은 검사 양성자, 환례 수, 입원 및 사망도 증가한다. 정점 이후에는 많은 사람들이 감염 또는 바이러스 확산을 예방하는 방법을 채택함으로써 바이러스 전파가 꺾이게 되고 따라서 해당 기간 동안 전염률이 낮아지고 감염자 수는 줄어들게 된다. 두 번째 파도는 일일 환례 수가 다시 증가하기 시작할 때 발생한다. 두 번째 파도는 일상적인 감염과 심각한 질병의 측면에서 첫 번째 파도보다 더 나쁜 경향을 가지는데 ‘2차 파도’라는 용어는 1차 급증과 구별할 수 있도록 하기 위해 사용되며, 그것은 바이러스의 확산이 감염의 지속적인 증가를 시작하는 기간을 나타낸다. 과학자들이 이 기간 동안 바이러스, 유전학, 확산 방식 및 기타 신체에 미치는 영향에 대해 더 많이 알기를 희망하기 때문에 종종 치료법과 백신이 이 기간 동안 검정되기 시작한다. 두 번째 파도 동안은 일반적으로 이 감염병을 더 쉽게 진단할 수 있게 된다. 첫 번째 파도 동안은 검사를 조직할 시간이 없고 모든 대상자가 검사를 받을 수 없으나, 두 번째 파도에는 지역사회 자원이 보다 조직화되기 때문이다. 세 번째 파도는 인구집단에서 세 번째 정점(peak)이 관찰될 때 발생하며, 종종 건강의 사회적 결정요인의 결과로 발생하는데 저소득층 및 사회·경제적 취약계층(예: 유색인종, 노숙인과 의료 취약계층 등) 등이 영향을 받는데, 이들은 사회적 이동이 많거나 노출이 많은 직업(예: 식당, 식료품점, 상업시설, 교통 등)을 피할 수 없기 때문이다[10].

이 파도는 사람들이 아플 때 일을 쉬지 못해 다른 사람들을 감염시키고, 전파 고리 순환이 계속 일어나므로 종종 경제 및 의료 불평등을 악화시켰다. 이 기간 동안 백신이 출시되기 시작하여 인구가 집단 면역을 향해 노력하여 미래의 파도가 발생하거나 심각해지는 것을 방지할 수 있게 되었다[2]. 1889~1991년 기간 사이에 10개의 인플루엔자 세계 유행에서 유행의 횟수(wave)는 두 번(two phases)이 대부분이었다[4].

물론 이러한 모든 파도는 다양한 인간 행동, 정부 조치 및 규칙의 부족, 여행, 일상 활동, 바이러스 변이·변종 등으로 인해 발생한다[2]. 파도는 다른 지역에서 다른 시간에 발생하고 각 장소에 따라 다르게 보이기도 하는 그 관련요인으로 감염자와 가까이 사는 사람들의 수, 의료 서비스를 이용할 수 있는지 여부, 예방 조치를 사용할 수 있는지 여부 등이 포함된다.

파도는 시대적으로 먼저 데이터 시각화의 장치로 등장한 다음 수학적 모델링 및 인과 관계 조사의 대상으로 진화하였고, 마지막으로 설득, 개입 및 거버넌스의 도구로 발전하였다[2][11]. 오늘날의 COVID-19 감염에 대한 설명은 은유적, 수학적, 도덕적 메시지의 중첩된 역사를 계승하고 있다.

그럼에도 불구하고, 우리나라를 포함한 국내외 많은 뉴스와 연구 결과에서 유행기의 시기 구분이 기준이 없거나, 정확치 않거나, 의문이 있는 경우, 구분의 근거를 제시를 않은 경우 등이 대부분이다[11][12][13]. 특히, 질병관리청 ‘주간 건강과 질병’에서는 사회적 거리두기와 생활 속 거리두기 등의 단계 적용 시기[14]를 제시하거나, 기수(stage 1~5)와 유행기(1st, 2nd, 3rd outbreak) 등으로 구분하여[15] 유행기 즉, 파도를 구분하거나 그 유행기의 해석 및 분석이 애매하거나 어려워 보인다.

우리는 코로나19의 역사적 대유행에서 질병 확산을 이해하고 어떻게 작용할지 예측하는 데 도움이 될 수 있는 향후 연구의 수행을 위한 기본적인 틀을 짜야 한다. 이러한 유행기 시기 구분이 잘못된 경우에 역학적, 정책적 연구 등의

분석결과에 치명적인 오류를 가져 올 것은 자명한 사실이다.

따라서, 유행기를 구분하는 것은 향후의 연구 분석이나 중재 전략 개발을 위하여 매우 중요한 과제로 판단된다. 유행기를 구분하는 방법으로는 발생건수를 기준으로 발생규모를 감안하여 판단하는 것이 가장 기본적인 방법이다.

이 글에서 제안한 유행기 구분은 기본적으로 질병관리청 등 국내 많은 연구 및 보고서들과 외국 문헌에서 구분하고 있는 유행시기가 적절하지 않다는 견해에서 출발한 것으로 본 연구에서의 제안한 것은 분류의 한 가지 예로 판단해주면 좋겠다. 저자는 유행기의 구분을 먼저, 발생건수를 기준으로 바닥의 시점에서 정점이 이른 후 바닥에 이르는 시점 사이의 기간 즉, 정점을 포함하여 전후 두 최저점 사이를 기준으로 구분하는 방법을 제안하면 다음과 같다. 즉, 제1차 유행(1st wave)은 2020년 1월 20일~2020년 5월 2일, 제2차 유행(2nd wave)은 2020년 5월 3일~2020년 10월 20일, 제3차 유행(3rd wave)은 2020년 10월 21일~2021년 2월 1일, 제4차 유행(4th wave)은 2021년 2월 2일~2021년 6월 21일, 제5차 유행(5th wave)은 2021년 6월 22일~2021년 10월 18일, 제6차 유행(6th wave)은 2021년 10월 19일~2022년 1월 10일까지, 제7차 유행(7th wave)은 2022년 1월 11일~현재 시점(2022년 3월 현재)로 제안해 보았다.

두 번째로는 발생건수를 기준으로 일정규모 이상 예를 들면, 시작점 100명 이상, 2일 연속, 종결점 7일 이상 100명 미만 발생[15] 등이 있는데 이렇게 정할 경우에는 각 유행(파도) 사이 기간을 휴지기 또는 소강기(resting period)를 설정해야 하며, 100명 이하의 소규모 집단 발생이 있는 경우는 간과될 수 있으며, 또한 100명 이상인 기간 지속적인 유행이 있는 경우는 유행기가 구분이 되지 않는다는 한계가 있을 수 있겠다.

기타 검토되어야 방안으로는 변이 발생 및 주 유행발생 감염형(변이 우세종)의 변화에 따른 시기 구분, 예방접종률 변화(집단면역 형성) 등에 따른 시기 구분 등도 있고, 중재내용 및 기간

즉, 적용한 방역단계에 따른 구분도 의미가 있어 보인다. 변이 우세종의 경우, 델타(delta) 변이종은 2021년 7월 말부터 50% 이상을 점유하여 2021년 10월 둘째 주에 100%를 차지하였으며, 오미크론(omicron) 변이종은 2022년 1월 24일 50%를 점유하였고, 1월 31일 80%까지 증가되었다.

감염재생산수(time-dependent reproduction number or time-varying reproduction number, R_t)를 기준으로 제안하는 보고[2]도 있는데 감염 재생산수가 실제 발생의 규모에 상관없이 변화가 없는 경우에는 유행기를 구분하기 어려운 점이 있어 보인다. 기타 실제 자료를 활용한 수리예측 모형 등을 활용하여 유행기를 구분하는 방법도 연구 검토되어야 할 것으로 생각된다. 수리적인 방법은 Moving Percentile Method(MPM), Exponentially Weighted Moving Average(EWMA model), Cumulative Sums Method(CUSUM model), Ratio Chart Method(RCM), Simple Control Charts, Time Derivative(TD) 등이 보편적으로 사용되고 있는데 이러한 수리과학적 방법론에 근거하여 유행의 시기를 후향적으로 결정하는 것이 보편 타당하게 받아들여질 수 있을 것이다.

결론 및 요약

지난 2년간의 코로나19의 범유행에서 우리나라를 포함하여 세계 및 각국의 유행기 또는 파도에 대한 조작적 정의가 부재하여 향후 다양한 주제의 연구와 보고 등에서 많은 혼란과 결과 해석에 제한을 가져올 가능성이 높아 보인다. 또한 시시각각 역학적 상황을 고려한 방역 등의 중재에 대한 효과검정 등에 영향이 있을 것으로 생각된다.

이에 저자는 코로나-19 유행 등 감염병 분야에서 파도(wave)의 의미와 유행기 즉, 1차, 2차 유행, n차 유행(파도)의 등 기간 설정 또는 정의 등에 대한 제안을 하게 되었다.

기본적으로 발생건수를 기준으로 바닥의 시점에서 정점이 이룬 후 바닥에 이르는 시점 사이의 기간을 제안하였고, 두 번째로, 발생건수를 기준

으로 일정규모 이상인 기간, 세 번째 방안으로 변이 발생 및 주 유행발생 감염형(변이 우세종)의 변화에 따른 시기 구분, 네 번째로, 예방접종률 변화(집단면역 형성) 등에 따른 시기 구분, 다섯 번째로, 중재내용 및 기간 즉, 적용한 방역단계에 따른 구분 등, 여섯 번째로, 감염재생산수에 따른 구분, 일곱 번째로, 수리 과학적 방법론 등이 제안된다.

REFERENCES

1. BBC News. South Korea says it has a second wave of coronavirus infections – but what does that really mean? Available from: <https://www.abc.net.au/news/2020-06-24/coronavirus-covid-19-countries-second-wave-explainer-south-korea/12385882>. Accessed August 27, 2021
2. Zhang SX, Marioli FA, Gao R, Wang S. A second wave? what do people mean by COVID waves? - A working definition of epidemic waves. *Risk Manag Healthc Policy* 2021; 14: 3775 - 3782
3. Jefferson T, Heneghan C. Covid 19 - Epidemic 'Waves', April 30, 2020. Available from <https://www.cebm.net/covid-19/covid-19-epidemic-waves/>
4. Potter CW. Chronicle of influenza pandemics. In: Nicholson KG, Webster RG, Hay AJ, editors. Textbook of influenza. London: Blackwell Scientific Publications; 1998. p. 3 - 18
5. Morens DM, Taubenberger JK. Understanding Influenza Backward. *JAMA* 2009; 302(6): 679 - 680
6. Brassey J, Heneghan C, Mahtani KR, Aronson JK. Do weather conditions influence the transmission of the coronavirus (SARS-CoV-2)? March 23, 2020. Available from <https://www.cebm.net/covid-19/do-weather-conditions-influence-the-transmission-of-the-coronavirus-sars-cov-2/>

7. Heneghan C, Jefferson T. Effect of Latitude on COVID-19. April 27, 2020. Available from <https://www.cebm.net/covid-19/effect-of-latitude-on-covid-19/>
8. Available from <https://www.accuweather.com/en/weather-blogs/weathermatrix/deep-dive-coronavirus-vs-population-and-temperatures/701036>
9. Lee MS, Lee CW, Park JH, Bae SH, Yoo SJ, Lee DJ, Lee BW, Lee YH, Jang JD, Cheong IS. Field Epidemiology; Principles and Methods in Epidemiological Investigation, Gyeochukmunhwasa, 2021 (Korean)
10. Alves-Cabrato L, Comas-Cufí M, Blanch J, Martí-Lluch R, Ponjoan A, Castro-Guardiola A, Hurtado-Ganoza A, Pérez-Jaén A, Rexach-Fumaña M, Faixedas-Brunsons D, Gispert-Ametller MA, Guell-Cargol A, Rodriguez-Batista M, Santaularia-Font F, Orriols R, Bonnin-Vilaplana M, Calderón López JC, Sabater-Talaverano G, Queralt Moles FX, Rodriguez-Requejo S, Avellana-Revuelta E, Balló E, Fages-Masmiquel E, Sirvent J, Lorenzo C, Morales-Pedrosa JM, Ortiz-Ballujera P, Ramos R. Individuals With SARS-CoV-2 Infection During the First and Second Waves in Catalonia, Spain: Retrospective Observational Study Using Daily Updated Data. *JMIR Public Health Surveill* 2022; 8(1): e30006
11. Fu H, Wanga H, Xib X, Boonyasiric A, Wanga Y. Database of epidemic trends and control measures during the first wave of COVID-19 in mainland China. *Int J Infect Dis* 2021; 102: 463-447
12. Ryu S, Ali ST, Noh E, Kim D, Lau EHY, Cowling BJ. Transmission dynamics and control of two epidemic waves of SARS-CoV-2 in South Korea. *BMC Infect Dis* 2021; 21:485
13. Saito S, Hayakawa K, Terada M, Ohtsu H, Tsuzuki S, Ohmagari N. First and second COVID-19 waves in Japan: A comparison of disease severity and characteristics. Letters to the Editor, *J Infect* 2021; 82: 116 - 119
14. Yoo MS, Kim YJ, Baek SJ, Kwon DH. The Concept of Reproduction Number and Changes According to Government Response Policies. *Public Health Weekly Report* 2021; 14(6): 282-289 (Korean)
15. Kim YH, Kim YY, Yeom HS, Jang JH, Hwang IS, Park KS, Park YJ, Lee SW, Kwon DH. COVID-19 1-Year Outbreak Report as of January 19, 2021 in the Republic of Korea. *Public Health Weekly Report* 2021; 14(9): 472-481 (Korean)
16. Seong H, Hyun HJ, Yun JG, Noh JY, Cheong HJ, Kim WJ, Song JY. Comparison of the second and third waves of the COVID-19 pandemic in South Korea: Importance of early public health intervention. *Int J Infect Dis* 2021; 104: 742 - 745