

백신의 원리와 예방접종(1)

저자 최혁재
경희의료원 예제팀장
약학정보원 학술자문위원

개요

신종 바이러스와 인수공통전염병의 출현 등으로 인해 인류는 항상 전염병의 위협에 직면해 있다. 따라서 백신접종에 의한 집단면역의 수준을 유지하는 것이 보건의료의 일상적인 과제라고 할 수 있다. 최근 백신의 유효성에 대한 문제제기가 지속되면서 개인의 처한 상황에 따라 백신의 적절한 투여에 대하여 관심을 갖는 것이 중요해졌다. 세포성 면역과 체액성 면역 모두를 유발하는 것이 백신의 목표 효과이며, 여기에는 세포전체백신 외에도 각 병원성 미생물의 특징에 따라 일부만 사용하는 구성단위 백신도 여러 가지가 존재한다.

키워드

집단면역, 백신, 표준예방접종, 세포전체 백신, 구성단위 백신

1. 백신의 효과

(1) 백신과 집단면역의 중요성

20세기에 들어서면서 항생제와 백신이 개발되고 공중보건 캠페인이 공격적으로 보급되면서 백일해, 폐렴, 소아마비, 천연두 같은 전통적인 전염병들이 고개를 숙이기 시작했다. 1900년에서 1982년까지의 기간 동안 전염병에 의한 사망자 감소 경향이 급격한 저하를 보이면서 이 장밋빛 희망은 탄력을 받는 것처럼 보였다. 그러나 에이즈가 새로운 전염병으로 대두된 1981년 이후를 기점으로 이 밀월은 사실상 끝이 나버렸다. 전혀 생각지 않았던 전염병들이 출몰하면서 인류는 새로운 도전에 직면하게 된 것이다. 에이즈의 전 지구적인 확산, 결핵의 대도시에서의 부활, C형 간염의 발생 증가, 에볼라 바이러스의 급작스러운 습격, 전염병을 풍토병으로 가지지 않을 것 같았던 미국 본토에서의 라임병의 출현 등 새로운 병원체 들이 연이어 나타나면서 인류를 다시 무방비의 혼란 속으로 몰아넣기 시작한 것이다. 이 현상의 바탕에는 다약제내성을 가진 내성균의 출현, 무분별한 개발과 자연림 벌목으로 인해 새롭게 인류와 조우하게 된 에이즈 바이러스, 니파 바이러스의 출몰, 그리고 종간을 뛰어넘는 유전자 재조합으로 인해 탄생한 조류독감, 신종플루 바이러스 등으로 인한 위협도 분명하지만, 기존 백신 프로그램으로 인해 만들어졌던 ‘집단 면역(Herd Immunity)’에 균열이 생긴 원인이 컸다. 집단면역이란 것은 한 집단 내의 대다수가 해당 전염병에 면역을 가지면서 그 집단 전체가 면역을 가진 것처럼 보이는 것을 뜻한다. 물론 100%의 구성원이 면역을 가질 수는 없다. 하지만 적어도 92% 이상의 구성원들이 면역력을 보유한다면, 해당 전염병에 대해 감수성을 가진 사람들 간의 접촉이 원활하지 않기 때문에 전염병을 일으키는 병원체가 집단으로 침투한다 해도 유행병으로 확산되지 못하는 것이다. 집단면역이 형성된다고 해도 언제까지나 유효한 것은 물론 아니다. 새로 출생하는 인구와 외부에서 감수성을 가진 사람들이 이주해오면서 수시로 비율이 바뀌기 때문에 공중보건 담당자들은 집단의 면역성을 높게 유지시키기 위해

서 지속적으로 면역을 유도해가는 일을 해야 한다. 그 수단이 바로 백신인 것이다. 한데, 이 백신의 효율성이 떨어진다면, 자연스럽게 감수성 있는 사람들의 비율이 증가하면서 유행병이 자주 출몰하고, 끝내 풍토병으로 자리 잡을 가능성도 있는 것이다.

기존 백신의 유효성에 대해서는 최근 국내에서도 문제가 제기되고 있다. 거의 100%에 가까운 접종률을 기록하면서 안심했던 전염병들의 발생률이 다시 높아졌기 때문이다. 질병관리본부에서 발표한 2014년도 학교 감염병 감시체계 운영성과에서 초중고생에게 가장 흔한 감염병이 감기였고, 그 다음으로 초등학교에서는 수두가, 중학교에서는 유행성이하선염이 높은 발생률을 보였다.

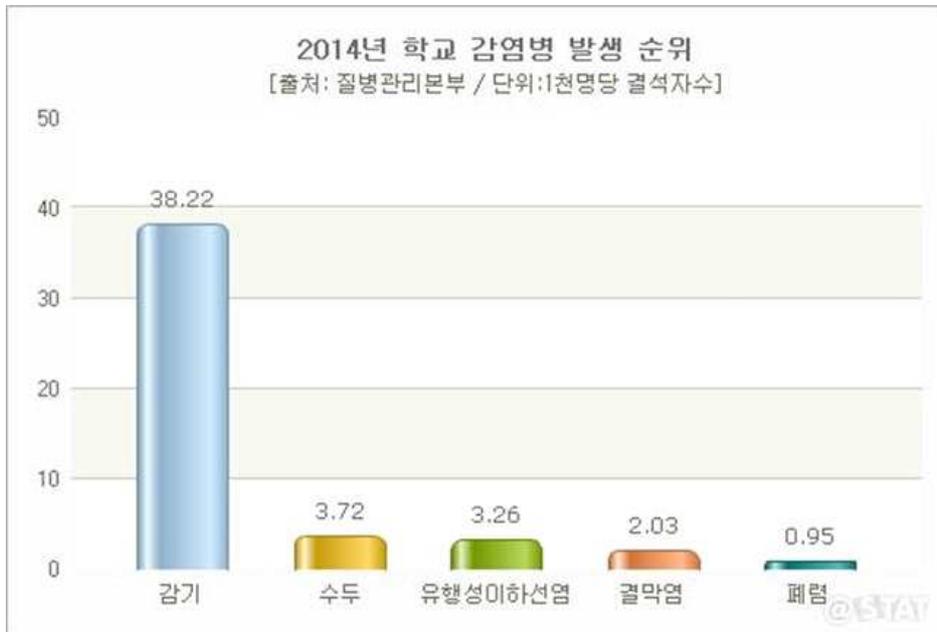


그림 1. 2014년도 학교 감염병 발생 순위(출처:질병관리본부)

그런데, 수두는 이미 2005년부터 국가예방접종사업에 포함되어 법정 감염병이 되었음에도 불구하고 백신접종과 관계없이 환자가 계속 증가하고 있는 것이다. 2013년에 비해 2014년에는 환자가 19.9%나 증가하면서 약 4만 4천명의 환자가 발생했다. 이렇게 완벽한 예방접종에도 불구하고 환자가 늘어나는 이유의 하나로 백신의 예방효과가 충분하지 못하다는 점이 지적되고 있는 것이다. 유행성 이하선염(볼거리)의 경우에도 마찬가지이다. 2014년에 전년도에 비해 환자가 127%나 증가했지만, 원인 파악이 전혀 되지 않고 있다. 원인으로 추측되고 있는 것은 이하선염의 경우 2차 접종 이후 8~10년이 지나면 백신의 효과가 감소하면서 중고생 사이에 유행하게 된다고 보고 있는 정도이다. 이 중에서 1~10%는 아예 처음부터 항체가 만들어지지 않았을 것으로도 추측이 되고 있다.

(2) 백신의 효과와 종류

① 백신의 효과

백신(Vaccine)은 라틴어로 vacca이며, ‘소(cow)’란 의미를 가진다. 백신을 성공적으로 접종하여 얻어질 수 있는 면역은 체액성 면역(Humoral immunity, antibody-mediated immunity, 항체 매개)과 세포성 면역(Cellular, cell-mediated immunity) 두 가지 모두를 유발할 수 있다. 즉, 일반적으로 알고 있는 것처럼 백신을 맞게 되면 항체가 생겨나서 다음에 그 병원체의 침입이 있게 될 때 즉각 대응할 수 있는 능력인 체액성

면역뿐만 아니라, 해당 병원체를 항원으로 기억하고 있으면서 병원체의 침입이 있을 시, 식세포작용과 염증유 발물질인 사이토카인(Cytokine)을 방출하여 직접적으로 병원체를 공격하는 T 림프구의 작용을 유발하는 세포 성 면역 모두를 유도하게 하는 것이 백신 접종의 목표인 것이다. 백신으로 유도되는 면역은 병원체를 면역계 가 기억하게 하는 것이므로 능동면역인 것이고, 출생 직후에 모체로부터 받은 항체를 통해 보유하는 면역이나 항체가 들어있는 항혈청을 투여 받아 얻어지는 면역은 수동면역으로서 일시적인 효과를 가져다준다. 태아가 모체의 태반을 통해 얻는 수동면역은 2~6개월 후에 사라지게 되므로 대부분 아이들의 예방접종은 생후 2개 월부터 시작되어야 한다. 그 후, 10대나 성인들의 추가예방접종은 전염병에 노출될 상대적인 위험도가 얼마나 야에 따라 개별적으로 결정된다.

② 예방접종의 필요성

특수한 상황을 본다면, 단체 생활을 많이 하는 사람들(기숙사 학생이나 군인), 면역력이 저하된 사람들(노인, 만성질환자, 대사성 질환자, 에이즈 감염자, 면역억제제를 투여 받는 장기이식 환자) 등의 경우에는 독감, 뇌 막염, 폐렴에 대한 예방접종을 받는 것이 필수적이다. 해외여행자들의 경우에는 여행 지역에 따라 콜레라, A 형 간염, 흑사병, 소아마비, 장티푸스 및 황열병에 대한 예방접종 투여를 고려해야 한다. 수의사, 산림청 직원 및 동물과 접촉하는 직업을 가진 사람들은 광견병, 흑사병 및 탄저병 예방접종이 필요하며, 각종 보건 관련 종사자들은 B형 간염에 대한 예방접종으로 항체를 만들어 놓는 것이 안전한 것이다. 안전한 임신을 위해서도 사전 예방접종은 필수적이다. 사전 예방접종 10가지는 다음과 같다.

백신 종류별 접종 여부	임신 전	임신 중	분만 후 수유 중
A형 간염	○	○	○
B형 간염	○	○	○
풍진/홍역/볼거리(MMR)	○(접종 후 4주간 피임)	X	○
파상풍/디프테리아/백일해(Tdap)	○	○	○
수두	○(접종 후 4주간 피임)	X	○
독감(인플루엔자)	○	○	○
자궁경부암 백신	○	X	○
수막구균	○	○	○
폐렴구균	○	○	○
황열	○(접종 후 4주간 피임)	△	△

표 1. 임신 준비 시, 필요한 예방접종 10가지(출처:하이닥뉴스)

바이러스성 전염병으로 알려진 풍진 같은 경우에는 임신 초기에 임부가 감염되면 태아에게 선천성 풍진 증후군이 나타나 눈, 귀, 심장, 신경계의 이상을 일으켜서 선천성 기형을 유발할 수 있기 때문에 반드시 임신 전의 사전 예방접종을 필요로 한다. 기타 다른 접종의 경우에도 임신 중에 가능한 것들도 많지만 수두, 자궁경부암의 경우에는 임신 중에 접종이 불가능하므로 반드시 예방접종 후, 계획임신이 안전하다.

현재 우리나라에서 표준적으로 실시하고 예방접종 일정을 소아시절부터 보면 아래 표와 같다.

대상잔양명	백신종류및방법	0개월	1개월	2개월	4개월	6개월	12개월	15개월	18개월	24개월	36개월	만4세	만6세	만11세	만12세
결핵 ㉠	BCG(피내용)	1회													
B형간염 ㉡	HepB	1차	2차			3차									
디프테리아 파상풍 백일해	DTaP ㉢			1차	2차	3차			후4차				후5차		
	Td / Tdap ㉣														후6차
폴리오 ㉤	IPV			1차	2차	3차							후4차		
b형헤모필루스 인플루엔자 ㉥	PRP-T / HbOC			1차	2차	3차		후4차							
폐렴구균	PCV(단백결합) ㉦			1차	2차	3차		후4차							
	PPSV(다당결) ㉧											고위험군에 한하여 접종			
홍역 ㉨ 유행성이하선염 풍진	MMR						1차						2차		
수두	Var						1회								
A형간염 ㉩	HepA								1~2차						
일본뇌염	JE(사백신) ㉪								1~3차				후4차		후5차
	JE(생백신) ㉫								1~2차						
인플루엔자	Flu(사백신) ㉬						매년접종								
	Flu(생백신) ㉭											매년접종			
결핵 ㉠	BCG(경피용)	1회													
로타바이러스	RV1(로타텍스)			1차	2차										
	RV2(로타텍)			1차	2차	3차									
인유두종 바이러스	HPV4(가다실) / HPV2(서바릭스)													1~3차	

표 2. 소아용 표준 예방접종 일정표(출처 : 예방접종 도우미 사이트)

③ 백신의 종류

백신은 병원체 전체를 이용하여 만드는 세포전체 백신(Whole-cell vaccine)과 병원체의 일부분만 사용하는 구성단위 백신(Acellular or subunit vaccine)으로 나누어진다. 상당수의 백신이 세포전체 백신이며, 병원성을 나타내지 못하도록 불활성화 되어있거나(사백신), 약독화된(생백신) 백신으로 다시 분류된다. 사백신은 화학물질이나 방사선으로 병원성 미생물의 생명력을 제거했기 때문에 안정적이고, 인체 내에서 다시 병원성을 나타내는 경우가 없다는 장점이 있으나 효력이 약해서 여러 번 추가 접종을 해야 할 필요가 있다. 반면, 생백신은 극한 환경에서 병원성 미생물을 배양하거나 지속적으로 숙주를 옮겨가면서 배양해서 독성을 약화시킨 것으로서 1~2회면 항체 생성이 완료될 정도로 효과는 좋지만, 면역기능이 저하된 사람에게 투여될 경우 병원성을 회복하면서 해당 전염병을 유발할 가능성이 있다. 안정성도 낮아 보관조건도 까다롭고 비용도 높은 편이다.

구성단위 백신은 병원성 미생물에 따라서 필요한 부분을 취해서 만든다. 세포막 외부에 캡슐형 물질인 헤파다당체를 가지고 있는 미생물은 그 헤파다당체만 백신으로 만들게 된다. 이럴 경우 병원성은 없고 항원성만 가진 백신이 만들어지는 것이다. 인플루엔자 바이러스, 수막염균, 폐렴연쇄상구균의 경우가 이에 해당한다. 병원성 미생물에서 분리한 표면 항원만 유전자 재조합 기술로 제작하여 사용하는 경우도 있는데, 역시 항원성만 갖게 한다. B형 간염바이러스가 그 대표적인 경우이다. 세균이 분비하는 외부독소(Exotoxin)를 페놀이나 포름알데히드로 변성시켜서 사용하는 경우에는 디프테리아균과 파상풍균을 대상으로 만든 것이 있다. 그 외에도 숙주인 사람의 세포 속으로 직접 미생물의 외부 단백질을 만드는 DNA를 삽입하여 면역반응을 유발시키는 DNA 백신도 있는데, 이럴 경우 냉장보관이 필요 없을 정도로 안정적이며, 말라리아, 에이즈, 헤르페스, 림프종, 전립선암, 직장암 등을 대상으로 다양한 백신이 개발 중에 있다.



약사 Point

1. 새로운 병원성 미생물의 출현으로 인해 백신 접종 중요성에 대해서 환자에게 효과적인 지식을 전달하는 것이 필요하다.
2. 환자와 그 가족이 처한 상황에 따라 효과적인 예방접종이 이루어졌는지에 대한 관심과 지도가 필요하다.

■ 참고문헌 ■

- 1) Prescott's Microbiology Ninth Edition, McGraw Hill Education, 2014
- 2) Brock의 미생물학 12판, 바이오사이언스, 2009
- 3) 백신 그리고 우리가 모르는 이야기, 여문각, 2006
- 4) 질병관리본부 사이트(<http://www.cdc.go.kr>)
- 5) 질병관리본부 예방접종도우미 사이트(<https://nip.cdc.go.kr>)
- 6) 데이터뉴스, <http://www.datanews.co.kr/news/article.html?no=72405>
- 7) 병원미생물학, 김종배 외, 라이프사이언스, 2012년
- 8) 연합뉴스,
<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2015/01/16/0200000000AKR20150116153300017.HTML?input=1195m>
- 9) 데일리팜, <http://www.dailypharm.com/News/188844>
- 10) 하이닥뉴스, <http://www.hidoc.co.kr/news/healthtoday/item/C0000000149>
- 11) 헬스조선, http://health.chosun.com/site/data/html_dir/2015/09/01/2015090104310.html
- 12) 메디컬투데이, <http://www.mdtoday.co.kr/mdtoday/index.html?no=257825>
- 13) 세계일보, <http://www.segye.com/content/html/2015/09/02/20150902001359.html?OutUrl=naver>
- 14) CNBNEWS, <http://www.cnbnews.com/news/article.html?no=302927>
- 15) 조세일보, <http://health.joseilbo.com/html/news/?f=read&code=1327972387&seq=11520>