

# 국내 홍역, 유행성이하선염 및 풍진 백신 접종 후 연령에 따른 항체양성을 변화

관동대학교 의과대학 소아청소년과

방성준 · 최경민

## The Change of IgG Antibody Titer to Measles, Mumps and Rubella According to Age

Pang Sung Joon, M.D., and Choi Kyong Min, M.D.

Department of Pediatrics, Kwandong University College of Medicine

**Purpose :** We investigated the change of antibody titer to measles, mumps and rubella according to age after vaccination.

**Methods :** The IgG antibody titers to measles, mumps and rubella were tested on the residual serum from patients aged 7–20 years old after routine laboratory testing in the hospital with informed consent from the parents.

**Results :** Antibody to measles was present in 275 cases out of 408 cases with a positive rate of 67.4%, the mean IgG titer was  $2.77 \pm 1.18$  Index. Antibody to mumps was present in 112 cases out of 408 cases with a positive rate of 27.5%, the mean IgG titer was  $2.08 \pm 1.29$  Index. Antibody to rubella was present in 367 cases out of 408 cases with a positive rate of 90.0%, the mean IgG titer was  $60.46 \pm 63.47$  IU/mL.

**Conclusion :** It is important to maintain a high rate of vaccination coverage in order to prevent an outbreak of measles, mumps, or rubella. It is also important to stress the maintenance of vaccination records for further reference. (Korean J Pediatr Infect Dis 2011;18:117–123)

**Key Words :** Measles, Mumps, Rubella, IgG antibody

## 서 론

홍역백신은 1965년 국내에 도입되었고, 유행성이하선염과 풍진 백신은 1980년대 초에 도입되어 현재는 홍역, 유행성이하선염 및 풍진의 혼합백신의 형태로 사용되고 있다. 국내에 1965년 홍역백신이 도입된 이후, 1994년에는 6세 추가 접종을 시행하였고, 현재는 12–15개월과 만 4–6세에 접종을 시행하고 있다. 그러나 예방접종의 시행에도 불구하고 질병관리본부의 통계자료에 의하

면 환자가 지속적으로 발생하고 있다. 질병관리본부의 통계자료에 의하면 2001년부터 2010년 기간 중 홍역은 23,528명, 풍진 349명, 유행성 이하선염 31,238명의 환자가 발생하였고, 2011년 1월부터 9월까지 홍역 56명, 풍진 41명, 유행성 이하선염 4,244명의 환자가 보고되었다.

홍역은 백신 도입 이후 과거에 비해 질병이 현저히 감소하였으나, 아직 국외에서는 소아 감염 질환에 의한 사망의 중요 원인으로 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 전 세계적으로 2008년 164,000명의 사망환자가 발생한 것으로 추산하고 있다<sup>1)</sup>. 국내에서는 2000–2001년 국내에 대유행이 발생하여 홍역 퇴치 사업을 시행하였으며 일제 접종 등을 시행하여 2005년 홍역 퇴치를 선언하였다. 그러나, 현재도 홍역환자가 발생하고 있어 재유행에 대한 방지, 해외유입사례 등에

\*이 연구는 한국소아감염병학회 학술연구상의 재정 지원에 의하여 이루어졌음

접수 : 2011년 9월 26일, 수정 : 2011년 10월 8일,

승인 : 2011년 10월 10일

책임저자 : 최경민, 명지병원 소아청소년과

Tel : 031)810-5424, Fax : 031)969-0500

E-mail : ckm2001@hanmail.net

대한 관리가 필요하다. 유행성 이하선염은 기원전 5세기 경 Hippocrates에 의해서도 기술 된 질병으로 1945년 바이러스가 분리되었고 국외에서는 1967년부터 예방접종이 시행되었다. 최근 국내는 물론 해외에서도 유행성 이하선염의 유행이 보고되고 있어<sup>2-4)</sup> 백신의 효과 및 면역 유지 기간 등에 대한 관심이 증가하고 있으며, 유행 관리에 주의를 요한다. 풍진의 경우 특히 임신부가 임신 초기에 풍진에 이환될 경우 선천성 풍진 증후군이 발생할 수 있기 때문에 가임기 여성에서 항체 보유 등의 확인이 필요하다.

본 연구에서는 백신 접종에도 불구하고 유행이 근절되지 않고 있어 국내 소아청소년을 대상으로 예방접종력을 확인함과 동시에 홍역, 유행성 이하선염 및 풍진에 대한 항체 보유 여부를 조사하여 향후 이들 감염병과 관련되어 연구 방향과 대책 수립을 위한 자료를 제시하고자 하였다.

## 대상 및 방법

2011년 관동대학교 명지병원에 내원하여 진료를 받고 검사를 위해 혈액 채취를 시행한 환자의 보호자로부터 검사 시행에 대한 동의를 얻은 후 잔여 혈청을 이용하여 홍역, 유행성 이하선염 및 풍진에 대한 IgG 항체 검사를 시행하였다. 검사 당일에 채혈된 혈액은 원심분리 후 검사 전까지 영하 70℃ 이하의 냉동고에서 보관하였다.

항체가 분석은 다음과 같이 시행하였다. 홍역의 경우 Morbillo IgG kit (RADIM diagnostics Inc., Rome, Italy)를 이용하여 제조사의 방법에 따라 효소결합면역흡착검사법(Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)을 시행하였으며, 흡광도(optical density)를 측정하여 제조사의 기준에 따라 0.9 Index 미만은 음성, 0.9-1.1 Index는 borderline, 1.1 Index 초과는 양성으로 판정하였다. 유행성 이하선염의 경우 Parotite IgG kit (RADIM diagnostics Inc., Rome, Italy)를 이용하여 제조사의 방법에 따라 효소결합면역흡착검사법을 시행하였으며, 흡광도(optical density)를 측정하여 제조

사의 기준에 따라 0.9 Index 미만은 음성, 0.9-1.1 Index는 borderline, 1.1 Index 초과는 양성으로 판정하였다. 풍진의 경우 Advia Centaur : Rubella IgG Immunoassay kit (Siemens Healthcare Diagnostics Inc. Berlin, Germany)를 이용하여 제조사의 방법에 따라 화학발광면역측정법(Chemiluminescent Immunoassay, CLIA)을 시행하였으며, 제조사의 기준에 따라 10.0 IU/mL 미만은 음성, 10.0 IU/mL 이상은 양성으로 판정하였다.

전체 연구 대상자에게 설문조사를 시행하였으며, 설문조사에는 다음과 같은 항목을 포함하였다. (1) 성별; (2) 나이; (3) 백신 접종 유무(1차 및 2차); (4) 백신 접종 시기; (5) 백신 제조사. 설문 조사 결과 미응답의 경우는 분석에서 제외하였다. 예방접종력 확인을 위해 보호자에게 예방접종수첩 확인과 병원의 전산정보를 활용을 시도하였고, 불가능한 경우 보호자의 기억에 의존하였다.

통계분석은 Microsoft excel 2010 및 SPSS 14.0을 이용하였으며, 상기 연구는 관동대학교 명지병원 임상연구윤리위원회의 심의를 통과하여 시행되었다.

## 결 과

### 1. 인구학적 분포

홍역, 유행성 이하선염과 풍진의 각 질환에 대해 총 408건의 혈청이 수집되었으며 남자 243명, 여자 165명이었다. 연령 분포는 7세 27명, 8세 47명, 9세 26명, 10세 27명, 11세 19명, 12세 23명, 13세 21명, 14세 25명, 15세 35명, 16세 50명, 17세 34명, 18세 26명, 19세 43명 및 20세 5명이었다. 평균연령은  $13.79 \pm 3.96$ 세였다.

각 환자의 입원과는 소아과 149명, 정형외과 60명, 일반외과 47명, 이비인후과 32명, 성형외과 28명, 신경과 26명, 내과 22명, 산부인과 13명, 흉부외과 10명, 안과 6명, 재활의학과 6명, 비뇨기과 6명 및 신경외과 3명이었으며, 항암치료 또는 면역글로불린 투여를 받은 환자

와 과거 병력 상 중증의 질환을 앓은 경우는 포함시키지 않았다.

## 2. 설문조사 분석

홍역, 유행성이하선염과 풍진에 대해 408례 중 405례에서 예방접종에 대한 설문 조사가 시행되었다. 이 중 401명은 권장시기에 맞추어 접종을 시행 받았다고 했으나 언제 몇 회의 접종을 시행 받았는지 알지 못하는 경우가 대부분이었다. 그 외의 4명은 각각 7세 2명, 13세 1명, 14세 1명이었으나 접종은 1회만 시행 받았다고 응답하였다. 백신제조사에 대해서는 전산기록의 확인을 통해 응답례 중 10례에서만 제조사가 확인되었다.

## 3. 홍역 IgG 검사

분석이 시행된 408례의 혈청 중 IgG 양성을 보인 경우는 275례로 67.4%였으며, 각 연령별 항체 양성율은 다음과 같다(Table 1). 양성군의 평균 항체가는  $2.77 \pm 1.18$  Index 이었고, 연령별로는 다음과 같다(Table 1). 연령 증가에 따른 IgG 수치변화와의 상관관계는 보이지 않았으며( $r=-0.038$ ), 양성율 변화와의 상관관계 역시 보이지 않았다( $r=-0.380$ ).

## 4. 유행성이하선염 IgG 검사

분석이 시행된 408례의 혈청 중 IgG 양성을 보인 경우는 112례로 27.5%였으며, 각 연령별 항체 양성율은 다음과 같다(Table 2). 양성군의 평균 항체가는  $2.08 \pm 1.29$  Index 이었고, 연령별로는 다음과 같다(Table 2). 연령 증가에 따른 IgG 수치 변화와의 상관관계는 보이지 않았으며( $r=0.210$ ), 양성율 변화와의 상관관계 역시 보이지 않았다( $r=-0.138$ ).

## 5. 풍진 IgG 검사

분석이 시행된 408례의 혈청 중 IgG 양성을 보인 경우는 367례로 90.0%였으며, 각 연령별 항체 양성율은 다음과 같다(Table 3). 양성군의 평균 항체가는  $60.46 \pm 63.47$  IU/mL 이었고, 연령별로는 다음과 같다(Table 3). 연령 증가에 따른 IgG 수치 변화와의 상관관계는 보이지 않았으며( $r=0.114$ ), 양성율 변화와의 상관관계 역시 보이지 않았다( $r=-0.477$ ).

## 고 찰

홍역은 비말 혹은 공기전파에 의해 사람에서 사람으로

Table 1. Seropositivity of IgG to Measles According to Age

Age (year)	Number of Serum Tested	Number of Positive Serum	Positive Rate (%)	IgG (Index)	Number of Borderline Serum	Borderline Rate (%)
7	27	26	96.3	$3.20 \pm 1.24$	1	3.7
8	47	39	83.0	$3.18 \pm 1.19$	1	2.1
9	26	23	88.5	$2.68 \pm 1.16$	1	3.8
10	27	20	74.1	$3.01 \pm 1.03$	1	3.7
11	19	12	63.2	$2.67 \pm 1.21$	1	5.3
12	23	15	65.2	$2.49 \pm 1.31$	1	4.3
13	21	11	52.4	$2.19 \pm 1.20$	3	14.3
14	25	12	48.0	$2.55 \pm 1.14$	5	20.0
15	35	14	40.0	$2.28 \pm 0.95$	3	8.6
16	50	26	52.0	$2.37 \pm 1.02$	1	2.0
17	34	23	67.7	$2.45 \pm 1.12$	1	2.9
18	26	16	61.6	$2.70 \pm 1.24$	3	11.5
19	43	34	79.1	$3.01 \pm 1.20$	5	11.6
20	5	4	80.0	$3.59 \pm 0.78$	0	0
Total	408	275	67.4	$2.77 \pm 1.18$	27	6.6

**Table 2.** Seropositivity of IgG to Mumps According to Age

Age (year)	Number of Serum Tested	Number of Positive Serum	Positive Rate (%)	IgG (Index)	Number of Borderline Serum	Borderline Rate (%)
7	27	11	40.7	1.69±0.82	5	18.5
8	47	21	44.7	1.81±0.60	8	17.0
9	26	7	26.9	2.01±0.85	3	11.5
10	27	8	29.6	1.58±0.29	5	18.5
11	19	3	15.8	1.19±0.08	5	26.3
12	23	2	8.7	1.30±0.06	4	17.4
13	21	4	19.0	1.52±0.25	7	33.3
14	25	9	36.0	2.28±1.33	3	12.0
15	35	11	31.4	2.12±1.28	3	8.6
16	50	6	12.0	3.40±2.01	8	16.0
17	34	10	29.4	2.46±1.87	3	8.8
18	26	6	23.1	2.38±1.96	4	15.4
19	43	12	27.9	2.37±1.76	6	14.0
20	5	2	40.0	2.82±0.25	0	0.0
Total	408	112	27.5	2.08±1.29	64	15.7

**Table 3.** Seropositivity of IgG to Rubella According to Age

Age (year)	Number of Serum Tested	Number of Positive Serum	Positive Rate (%)	IgG (IU/mL)	Number of Borderline Serum	Borderline Rate (%)
7	27	26	96.3	79.42±52.46	0	0.0
8	47	45	95.8	84.18±65.93	0	0.0
9	26	26	100.0	56.07±33.58	0	0.0
10	27	27	100.0	82.63±113.00	0	0.0
11	19	16	84.2	68.18±74.44	0	0.0
12	23	21	91.3	35.13±13.80	0	0.0
13	21	19	90.5	48.16±37.90	0	0.0
14	25	22	88.0	45.80±32.25	0	0.0
15	35	31	88.6	57.05±41.75	0	0.0
16	50	43	86.0	42.73±37.51	0	0.0
17	34	28	82.4	49.37±63.47	0	0.0
18	26	23	88.5	62.64±85.21	0	0.0
19	43	35	81.4	50.48±39.15	0	0.0
20	5	5	100.0	140.36±202.65	0	0.0
Total	408	367	90.0	60.46±63.47	0	0.0

전염되는 질환이다<sup>5, 6)</sup>. 예방접종에 의해 체액면역<sup>7, 8)</sup>과 세포면역<sup>9, 10)</sup>이 발생하지만, 예방접종에 의해 생성된 항체는 시간의 경과에 따라 감소하며 측정되지 않는 경우도 생긴다<sup>7, 11)</sup>. 그러나, 측정 가능한 항체가 없는 경우에도 재접종 혹은 홍역 바이러스에 노출될 경우 2차 면역반응이 유발된다<sup>12)</sup>. 홍역에 대한 방어는 세포면역도 관여하지만 현실적으로는 항체보유로 판단한다. 과거 국내의 연구에서 Yoo 등<sup>13)</sup>은 3-21세 261명을 대상으로 시

행한 연구에서 항체 양성율은 97.7%였으며 연령별 양성율의 차이는 없다고 보고하였다. Shin 등<sup>14)</sup>이 1994-1995년 시행한 연구에서는 1회 접종군의 경우 84.0%, 2회 접종군의 경우 90.2%의 양성율을 보였다. 그러나 이번 연구에서는 67.4%로 상기 연구와 연령 차이 등이 있기는 하지만 보다 낮은 항체 양성율을 보이는 것으로 조사되었으며, 특히 13-16세의 경우 60.0% 미만으로 다른 연령에 비해 가장 낮게 조사되었다. 이는 백신 접종

후 시간 경과에 따른 면역의 감소와 자연 노출의 감소에 따른 결과로 여겨진다. 상기 연령은 2000-2001년 홍역 유행 당시 2차 접종을 시행 받는 연령대로 접종 후 자연 노출의 기회가 적었음을 추정할 수 있다. 홍역의 경우 2005년 미국의 유행에서 보듯 면역력이 유지되지 않는 상태에서 외부로부터 바이러스가 유입되면 유행이 발생할 수 있기 때문에 백신 접종률을 높게 유지하는 것이 유행을 막기 위해 무엇보다 중요하다<sup>15)</sup>. 통계적으로 92-95%의 면역이 유지될 경우 집단면역이 획득된다<sup>16)</sup>. 백신 1회 접종에 의해 약 95%에서 면역을 획득하게 되며<sup>17)</sup>, 5%의 백신 미반응군에서도 2차 접종 시행시 이 중 95%에서는 백신에 대한 반응을 보인다<sup>18)</sup>. 선진국에서의 경험에 따르면 1회 접종에 의해서도 홍역 전파를 막을 수 있지만, 2회 접종을 시행하는 것이 토착발병의 전파를 근절하는데 필요하다<sup>19, 20)</sup>. 홍역의 근절을 위해서는 높은 접종율의 유지, 질병 발생에 대한 감시 그리고 유행 발생 시 빠른 대처 등이 필요하다. 현재 국내에서는 초등학교 입학 전 홍역 예방접종력 확인 사업을 실시하여 7세 아이들의 예방접종률이 95-99%로 높게 유지되고 있다. 다만, 홍역 질환의 감소에 따라 자연 노출에 따른 항체 상승 등의 효과를 기대하기가 어려운 현실이기 때문에 향후 홍역 유행 발생에 대한 꾸준한 감시가 필요할 것이다.

유행성 이하선염 예방접종을 1회 시행할 경우 88-98%의 질병감소를 보이며, 2회 접종을 시행할 경우 97-99%의 질병감소를 보인다<sup>21)</sup>. 그러나, 예방접종이 널리 시행되고 있는 국가에서 최근 유행성이하선염의 발생이 보고되고 있고<sup>2-4)</sup>, 국내 질병관리본부의 통계자료의 경우에도 2001-2005년의 경우 해마다 약 1,500여명의 환자가 보고되었으나 최근 2009-2010년의 경우 해마다 6,000여명의 환자가 보고되었다. 예방접종이 시행되기 전에는 진단에 큰 어려움이 없었으나 예방접종 시행 이후 질병의 감소에 따라 임상증상만으로는 정확한 진단을 내리는데 한계가 있고, 과거 국내의 연구에서도 유행성이하선염으로 추정되는 임상례의 상당수가 다른 원인에 의한 것으로 추정되는 연구 결과가 보고되었다<sup>22)</sup>. 따

라서 유행성이하선염을 진단할 때는 검사 시행 등을 통한 정확한 진단이 요구된다. 유행이 지속되는데는 여러 인자가 관여할 것으로 생각되는데 낮은 백신 접종률, 백신에 대한 무반응, 유행 바이러스주와 백신 바이러스주간의 차이, 단체 생활에 따른 전파의 용이성 등이 관련되는 것으로 생각된다. 과거 국내의 연구에서 Na 등<sup>23)</sup>은 항체 양성율을 1996년 89.47%, 1999년 89.74%로 보고하였으며, Shin 등<sup>24)</sup>은 1994-1995년 산모를 대상으로 한 연구에서 84.1%의 항체 양성율을 보고하였다. 반면 Park 등<sup>25)</sup>은 1993년 15개월에서 15세 소아에서의 항체 양성율을 65.6%로 보고하였다. 연구에 따라 차이가 있으나 이번 연구의 경우 27.5%로 이전 연구에 비해 낮은 결과를 보였으며, 홍역의 경우와 마찬가지로 전체 연구 대상연령 중 중간 연령대에서 비교적 낮은 결과를 보였다. 현재 질병관리본부의 통계에 따르면 10대 연령에서의 보고가 가장 많은데 발생 연령에 대한 보다 세밀한 분석과 각각의 연령에서의 항체 양성율 변화에 대한 비교가 요구된다. 과거의 연구와 비교하여 낮은 항체 양성율을 보인 원인으로 지역적 차이, 검사 방법의 차이, 접종 제품의 차이 등을 고려할 수 있으나 정확한 분석을 위해서는 향후 추가적인 연구가 요구된다. 현재 국내에서 꾸준히 질병이 보고되고 있으나 Finland의 경우<sup>26)</sup>에서와 같이 백신 접종률을 높게 유지하고 꾸준히 환자 관리를 시행할 경우 발생을 근절할 수 있을 것으로 기대된다.

풍진은 특히 선천성 풍진 증후군의 발생 가능성으로 인해 과거 가임기 여성을 대상으로 한 백신 접종 등이 시행되었다. 백신 접종에 의해 체액면역과 세포면역이 발생한다. 영국에서 475명의 소아를 대상으로 한 연구에 의하면 MMR 접종 4년 후 풍진항체 양성율은 97%였으며<sup>27)</sup>, 캐나다에서의 연구 역시 동일한 결과를 보였다<sup>28)</sup>. 반면에 Johnson 등<sup>29)</sup>의 연구에 의하면 15개월에 접종 후 11-13세에 도달하면 63%에서만 항체 양성 소견을 보였다. 국내에서의 연구에 따르면 연령 증가에 따라 항체 양성율이 증가하여 가임 여성의 경우 72.5-100%의 항체 양성율을 보이는 것으로 보고되었고<sup>30)</sup>, 이번 연구

에서도 90.0%의 항체 양성율을 보여 동일한 결과가 확인되었다.

예방접종력의 확인을 위해 설문조사를 시행하였으나 대부분의 경우 의무기록 또는 예방접종수첩 등을 통한 확인이 되지 못했고, 보호자의 기억에 의존하여 설문조사의 분석이 제한적이었다. 또한 많은 경우에 예방접종수첩을 분실한 경우가 많았다. 현재 국가예방접종 사업 실시에 따른 예방접종력의 전산관리가 시행되고 있어 향후 이러한 문제는 개선될 것으로 사료되지만 보호자들을 대상으로 접종기록 관리의 중요성에 대한 교육이 수반되어야 할 것으로 생각된다.

이번 연구에서는 풍진의 항체 양성율과 비교하여 홍역과 유행성이하선염의 경우 항체 양성율이 낮게 보고되었다. 이번 연구가 건강한 소아를 대상으로 하지 못하고 병원에 입원한 환아를 대상으로 하였으며, 이에 따라 각각의 연령 대표성에 대해서도 제한이 존재하지만, 환아의 과거병력상 면역글로불린의 투여, 또는 항암치료 등의 병력이 없고 중증의 질환을 앓은 경우는 연구에 포함시키지 않는 등의 방법으로 가능한 대표성을 유지하고자 하였다. 현재 비록 최근 2000-2001년과 같은 홍역의 유행이 발생하지는 않고 있으나 향후 해외 유입 등에 따른 유행을 막고 토착질병의 발생을 근절하기 위해서는 높은 예방접종율을 유지하는 것이 무엇보다도 중요할 것으로 여겨지며 더불어 면역도 유지에 대한 꾸준한 감시가 필요할 것으로 생각된다. 유행성이하선염의 경우 최근 질병발생 보고가 증가하고 있는데, 이번 연구 결과 항체 양성율이 낮게 조사되었다. 임상적으로 의심되는 경우 정확한 진단을 위한 검사가 요구되며 향후 유행발생에 대한 지속적인 감시가 필요할 것이다.

## 요 약

**목 적:** 홍역, 유행성이하선염 및 풍진 예방접종 시행 후 연령 증가에 따른 항체양성율의 변화를 조사한다.

**방 법:** 병원에 내원한 7-20세의 환아를 대상으로 잔여 혈청을 이용하여 IgG 항체를 검사하였다.

**결 과:** 총 408례 중 홍역은 275례로 67.4%, 유행성이하선염은 112례로 27.5%, 풍진은 367례로 90.0%의 양성율을 보였다. 양성자의 IgG 수치는 각각  $2.77 \pm 1.18$  Index,  $2.08 \pm 1.29$  Index 및  $60.46 \pm 63.47$  IU/mL 이었다.

**결 론:** 홍역 67.4%, 유행성이하선염 27.5% 및 풍진 90.0%의 IgG 항체 양성율을 보였다. 홍역, 유행성이하선염 및 풍진의 유행을 막기 위해서는 높은 접종율의 유지가 중요하며, 또한 보호자에 대한 접종기록 등의 관리가 중요할 것으로 생각된다.

## References

- 1) Global measles mortality, 2000-2008. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2009;58:1321-6.
- 2) Cohen C, White JM, Savage EJ, Glynn JR, Choi Y, Andrews N, et al. Vaccine effectiveness estimates, 2004-2005 mumps outbreak, England. Emerg Infect Dis 2007;13:12-7.
- 3) Atrasheuskaya AV, Blatun EM, Kulak MV, Atrasheuskaya A, Karpov IA, Rubin S, et al. Investigation of mumps vaccine failures in Minsk, Belarus, 2001-2003. Vaccine 2007;25:4651-8.
- 4) Peltola H, Kulkarni PS, Kapre SV, Paunio M, Jadhav SS, Dhere RM. Mumps outbreaks in Canada and the United States: time for new thinking on mumps vaccines. Clin Infect Dis 2007;45:459-66.
- 5) Bloch AB, Orenstein WA, Ewing WM, Spain WH, Mallison GF, Herrmann KL, et al. Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting. Pediatrics 1985;75:676-83.
- 6) Riley EC, Murphy G, Riley RL. Airborne spread of measles in a suburban elementary school. Am J Epidemiol 1978;107:421-32.
- 7) Bellanti JA, Sanga RL, Klutinis B, Brandt B, Artenstein MS. Antibody responses in serum and nasal secretions of children immunized with inactivated and attenuated measles-virus vaccines. N Engl J Med 1969;280:628-33.
- 8) Krugman S, Giles JP, Friedman H, Stone S. Studies on immunity to measles. J Pediatr 1965;66:471-88.
- 9) Krause PJ, Cherry JD, Carney JM, Naiditch MJ, O'Connor K. Measles-specific lymphocyte reactivity and serum antibody in subjects with different measles histories. Am J Dis Child 1980;134:567-71.

- 10) Gallagher MR, Welliver R, Yamanaka T, Eisenberg B, Sun M, Ogra PL. Cell-mediated immune responsiveness to measles. Its occurrence as a result of naturally acquired or vaccine-induced infection and in infants of immune mothers. *Am J Dis Child* 1981;135:48-51.
- 11) Pedersen IR, Mordhorst CH, Ewald T, von Magnus H. Long-term antibody response after measles vaccination in an isolated arctic society in Greenland. *Vaccine* 1986; 4:173-8.
- 12) Erdman DD, Heath JL, Watson JC, Markowitz LE, Bellini WJ. Immunoglobulin M antibody response to measles virus following primary and secondary vaccination and natural virus infection. *J Med Virol* 1993;41:44-8.
- 13) Yoo JW, Sohn HE, Chung NE, Choi TY. Age related measles antibody levels after vaccination. *Korean J Clin Pathol* 1999;19:227-33.
- 14) Shin YK, Yoon JK, Choung JT, Tockgo YC. Changes of measles specific IgG after active immunization of measles in Korean children. *Korean Journal of Pediatrics* 1996;39:788-96.
- 15) Parker AA, Staggs W, Dayan GH, Ortega-Sanchez IR, Rota PA, Lowe L, et al. Implications of a 2005 measles outbreak in Indiana for sustained elimination of measles in the United States. *N Engl J Med* 2006;355:447-55.
- 16) Hethcote HW. Measles and rubella in the United States. *Am J Epidemiol* 1983;117:2-13.
- 17) King GE, Markowitz LE, Patriarca PA, Dales LG. Clinical efficacy of measles vaccine during the 1990 measles epidemic. *Pediatr Infect Dis J* 1991;10:883-8.
- 18) Watson JC, Pearson JA, Markowitz LE, Baughman AL, Erdman DD, Bellini WJ, et al. An evaluation of measles revaccination among school-entry-aged children. *Pediatrics* 1996;97:613-8.
- 19) Ramsay ME, Jin L, White J, Litton P, Cohen B, Brown D. The elimination of indigenous measles transmission in England and Wales. *J Infect Dis* 2003;187 (Suppl 1): S198-207.
- 20) Measles--United States, 1996, and the interruption of indigenous transmission. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1997;46:242-6.
- 21) Galazka AM, Robertson SE, Kraigher A. Mumps and mumps vaccine: a global review. *Bull World Health Organ* 1999;77:3-14.
- 22) Oh SH, Yum DH, Kang JH, Sohn YM, Lee HJ, Pyun BY, et al. Distribution of Anti-Mumps IgM Antibody in Children Presumptively Diagnosed of Mumps. *Korean Journal of Pediatrics* 2001;44:17-24.
- 23) Na BK, Go UY, Lee JY, Lee JS, Shin GC, Lee JY, et al. Seroepidemiology of mumps IgG antibody on primary school children in Kyonggi province, 1996 and 1999. *Korean Journal of Infectious Diseases* 2001;33:157-64.
- 24) Shin YK, Cheon HW, Lee KH, Choung JT, Tockgo YC. Mumps and rubella-specific IgG levels of term pregnant women and their neonates. *Korean Journal of Pediatrics* 1998;41:47-52.
- 25) Park YB, Jung EG, Moon KR. A measurement of mumps specific IgG & IgM antibody in the sera of mumps vaccinated healthy children. *Korean Journal of Pediatrics* 1996;39:491-6.
- 26) Peltola H, Davidkin I, Paunio M, Valle M, Leinikki P, Heinonen OP. Mumps and rubella eliminated from Finland. *JAMA* 2000;284:2643-7.
- 27) Miller E, Hill A, Morgan-Capner P, Forsey T, Rush M. Antibodies to measles, mumps and rubella in UK children 4 years after vaccination with different MMR vaccines. *Vaccine* 1995;13:799-802.
- 28) Boulianne N, De Serres G, Ratnam S, Ward BJ, Joly JR, Duval B. Measles, mumps, and rubella antibodies in children 5-6 years after immunization: effect of vaccine type and age at vaccination. *Vaccine* 1995;13:1611-6.
- 29) Johnson CE, Kumar ML, Whitwell JK, Staehle BO, Rome LP, Dinakar C, et al. Antibody persistence after primary measles-mumps-rubella vaccine and response to a second dose given at four to six vs. eleven to thirteen years. *Pediatr Infect Dis J* 1996;15:687-92.
- 30) Lee SJ, Kim CH. Prevalence of Rubella Antibodies and Preventive Measures of Congenital Rubella Syndrome in Korea. *Korean Journal of Pediatrics* 1996;39:151-65.