

## 주거환경 공기 중 호흡기 바이러스의 검출

박근태 · 문경환\* · 김형태\*\* · 박찬정\*\* · 정호철\*\*\* · 임영희†

고려대학교 보건과학대학 임상병리학과, \*고려대학교 보건과학대학 환경보건학과  
\*\*웅진코웨이 R&D 센터, \*\*\*GS건설기술연구소

## Detection of Airborne Respiratory Viruses in Residential Environments

Keun-Tae Park, Kyong-Whan Moon\*, Hyung-Tae Kim\*\*, Chan-Jung Park\*\*,  
Ho-Chul Jeong\*\*\*, and Young-Hee Lim†

*Department of Biomedical Science, College of Health Science, Korea University, Seoul, Korea*  
*\*Department of Environmental Health, College of Health Science, Korea University, Seoul, Korea*  
*\*\*Woongjin Coway R&D Center, Seoul, Korea*  
*\*\*\*GS Engineering & Construction Research Institute, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea*

### ABSTRACT

**Objectives:** Respiratory virus infections are the most common disease among all ages in all parts of the world and occur through airborne transmission. The purpose of this study was to detect and quantitate human respiratory viruses in residential environments.

**Methods:** Air samples were collected from the residential space of apartments in the Seoul/Gyeonggi-do area. The samples were collected from indoor and outdoor air. Among respiratory viruses, influenza A virus, influenza B virus, parainfluenza virus, metapneumovirus, respiratory syncytial virus, and adenovirus were investigated by multiplex polymerase chain reaction. Among the virus-positive samples, we performed adenovirus quantification by real-time polymerase chain reaction.

**Results:** Virus detection rates were 44.0%, 3.8%, 3.4%, and 17.3% in spring, summer, autumn, and winter, respectively. The virus detection rate was higher in winter and spring than in summer and autumn. Adenovirus was most commonly detected, followed by influenza A virus and parainfluenza virus. Virus distribution was not significantly different between indoor and outdoor environments.

**Conclusions:** Although virus concentrations were not high in residential environments, residents in houses with detected viruses may have an increased risk of exposure to airborne respiratory viruses, especially in winter and spring.

**Key words:** Airborne virus, Polymerase chain reaction, Real-time PCR, Respiratory viruses

### I. 서 론

급성 호흡기 감염증은 세계적으로 질병이환 및 감염증 관련 주요 사망원인으로 사회적, 보건학적으로 많은 문제가 있으며 원인병원체가 다양하고 신속한

진단이 어려워 이에 따른 과도한 항생제 오남용과 의료비 지급 등 경제적 문제를 야기하고 있다.<sup>1)</sup> 일반적으로 호흡기 바이러스들은 특성상 전염성이 매우 높아 짧은 기간에 많은 사람들을 질환에 이환시킬 수 있고, 잠복기가 짧아 폭발적인 유행양상을 보

†Corresponding author: Department of Biomedical Science, College of Health Science, Korea University, Seoul 136-703, Korea, Tel: +82-2-940-2815, Fax: +82-2-917-2388, E-mail: yhlim@korea.ac.kr  
Received: 13 July 2011, Revised: 3 August 2011, Accepted: 5 August 2011

일 수 있기 때문에, 호흡기 바이러스의 계절별 유행 양상과 지역별, 연령대별 역학조사를 통해 원인 바이러스의 규명 및 이에 따른 신속한 치료가 필요하다. 바이러스 중에서는 인플루엔자 바이러스(influenza virus), 파라인플루엔자 바이러스(parainfluenza virus), 호흡기세포융합 바이러스(respiratory syncytial virus), 아데노바이러스(adenovirus), 라이노바이러스(rhinovirus), 코로나바이러스(coronavirus) 등이 공기를 통한 호흡기 바이러스의 주요 인자로 알려져 있다.<sup>2,4)</sup>

최근 신종바이러스의 확산을 증가시키는 가장 큰 요인으로는 기후변화와 자연환경 파괴를 들 수 있다.<sup>5,6)</sup> 특히 국내에서는 최근 황사 발생 빈도 및 지속일수가 꾸준히 증가하고 있으므로 이에 따른 천식 및 폐질환 환자 발생이 증가하고 있고, 호흡기 질환 환자의 발생뿐만 아니라 바이러스가 원인이 되는 가축 질환 발생도 증가하고 있어 황사에 바이러스가 동반되어 유입될 가능성이 제기되고 있다. 공기를 통한 바이러스의 전파에 대한 예방책으로 여러 환자들이 모이는 병원의 경우 오래 전부터 원내감염 예방 수칙을 만들어 의료종사자들의 감염 예방을 위한 중요한 수단으로 적용하고 있다.<sup>7)</sup> 최근에는 원내 감염뿐만 아니라 주거환경 주변의 공기 중 부유하고 있는 박테리아, 바이러스에 대한 검출에도 관심을 갖게 되었으나 공기 중의 바이러스 검출에 대한 연구는 거의 보고되고 있지 않다. 최근에 비행기 기내 공기를 통한 인플루엔자 및 결핵 발생에 대한 연구가 보고되었다.<sup>8,9)</sup> 빌딩 내에서 감기 바이러스 전파가 공기를 통해 발생하는 것을 증명하기 위한 연구가 보고 되었는데 빌딩내의 공기 순환에 따른 공기 중의 바이러스를 채취하고 감기 발생과의 상관관계를 분석한 연구결과를 보면 공기 순환이 적고 공기 중의 바이러스 검출이 높을 때 건물 내 근무자의 감기 환자 발생이 증가했다고 보고 하였다.<sup>10)</sup> 또한 최근 국내에서 유행하고 있는 구제역의 경우에도 구제역 바이러스가 공기를 통해 확산 되었을 가능성이 제시되고 있어 이에 대한 검토가 필요하다.

호흡기 바이러스들은 감염경로의 특성상 전염성이 매우 높아 단기간에 수많은 사람들이 질환에 이환되므로 그 유행 양상 파악 및 감시는 매우 중요하다.<sup>11)</sup> 질병관리본부의 보고에 의하면 최근 감기 등 급성호흡기 증상을 보이는 환자에게서 아데노바이러스가 예년에 비해 높은 비율로 유행하고 있고,

2010년 6월 20일부터 2010년 9월 4일까지 검출된 아데노바이러스가 지난 4년간의 연평균 검출률(2.3%)보다 8배 이상 증가한 20% 이상으로 나타났으며, 전체 검출된 바이러스의 54.4%가 아데노바이러스인 것으로 조사되었다.<sup>12)</sup> 호흡기 바이러스에 대한 감염 양상을 측정하기 위한 연구로 주로 병원내 및 외래 환자를 대상으로 실시되었으나<sup>11,13,14)</sup> 주거환경 공기의 호흡기 바이러스를 검출한 보고는 현재로서는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 아파트 주거환경내 공기 중에 존재하는 호흡기계 감염증 유발 원인 바이러스 중에서 분리빈도가 높은 인플루엔자 A 형 바이러스(Flu A), 인플루엔자 B 형 바이러스(Flu B), 아데노바이러스(Adeno), 메타뉴모바이러스(MPV), 파라인플루엔자 바이러스(PIV), Respiratory syncytial virus(RSV)에 대해 핵산 증폭법을 이용하여 검출한 결과를 보고하여 호흡기 바이러스 감염 예방에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료 채취

시료채취 장소는 상대적으로 밀폐된 환경에서 생활하는 아파트를 대상으로 하였으며, 위치는 공기의 오염이 심할 것으로 추정되는 서울 및 서울 근교 경기도 지역 내의 아파트를 무작위적으로 선별하였다. 바이러스 측정을 위한 시료의 채취는 Bio sampler (SKC, USA)의 collection vessel에 생리식염수(PBS, Phosphate buffered saline, NaCl 8.0 g, KCl 0.2 g, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1.44 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.24 g) 15 ml를 주입 후 아파트 거실 바닥면으로부터 위로 1.2 m 지점과 외부 베란다 중앙 지점에서 12.5 l/min의 유량으로 30분간 실시하였다. 실내 측정 시에는 외기의 영향을 피하기 위해 측정시간 1시간 30분 전에 실내를 밀폐시킨 후 측정하였다. 실외시료채취의 경우는 실내를 밀폐하고, 실외를 환기시켜 베란다에서 측정하였다. 측정 시 온도와 습도는 측정 시작 전후에 기록하여 평균을 낸 후 기록하였다.

### 2. RNA 분리

RNA 분리를 위해 공기부유물을 포집한 15 ml의 PBS에서 150  $\mu$ l를 취해 RNA를 분리하였다. 시료채

취액을 균일하게 혼합한 후에 150  $\mu$ l를 1.5 ml microtube에 옮긴 후, MN(Macherey-Nagel, Germany)사의 Viral RNA Isolation kit를 이용하여 RNA를 분리하였다. 회수한 RNA 일정량은 즉시 complementary DNA(cDNA) 합성에 이용하였고, 나머지 RNA는  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 보관하였다.

### 3. cDNA 합성

cDNA 합성은 RevertAid First Strand cDNA synthesis Kit(Fermentas, Lithuania)를 이용하여 수행하였다. 0.2 ml의 PCR 전용 tube에 RNA 8  $\mu$ l, random primer 1  $\mu$ l, diethylpyrocarbonate(DEPC)-treated water 3  $\mu$ l를 혼합한 후 RNA template에 다수 존재할 수 있는 GC-rich region이나 secondary structure의 refolding을 위해  $65^{\circ}\text{C}$ 에 5분간 처리하였다. 반응액에 5 $\times$  Reaction buffer 4  $\mu$ l, RiboLock RNase Inhibitor(20 U/ $\mu$ l) 1  $\mu$ l, 10 mM dNTP Mix 2  $\mu$ l, RevertAid M-MuLV Reverse Transcriptase(200 U/ $\mu$ l) 1  $\mu$ l를 첨가한 후 가볍게 섞은 후에 1초간 원심 분리하였다. 정확한 온도 설정을 위해 Thermal cycler를 이용하여  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 5분,  $42^{\circ}\text{C}$ 에서 60분간 반응시켜 cDNA를 합성한 후, 반응 종결을 위해  $70^{\circ}\text{C}$ 에서 5분간 처리하였다. 합성된 cDNA는 중합효소 연쇄반응(PCR) 수행 전까지  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 보관하였다.

### 4. RV6 virus detection kit를 이용한 중합효소 연쇄반응

합성된 cDNA를 Seegene사(Seoul, Korea)의 Seeplex

RV6 detection kit를 사용하여 제조사의 protocol에 따라 PCR을 수행하였다. 각 바이러스를 검출하기 위한 표적 유전자 및 증폭산물의 크기는 Table 1과 같다. PCR tube에 합성된 cDNA 3  $\mu$ l, 5 $\times$  RV PM(primer mix) 3  $\mu$ l, 8-MOP solution 4  $\mu$ l, 2 $\times$  Multiplex mix 10  $\mu$ l를 혼합하였다. Total volume 20  $\mu$ l의 PCR solution을 Thermal cycler MJ Mini (Bio-rad, USA)를 이용하여 DNA를 증폭하였다. PCR condition은  $94^{\circ}\text{C}$ 에서 pre-heating시킨 후에  $94^{\circ}\text{C}$ 에서 30초,  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 120초,  $72^{\circ}\text{C}$ 에서 120초를 1 cycle로 하여 40회 반복 증폭하였다. 잔여 double strand의 extension을 위해  $72^{\circ}\text{C}$ 에서 15분간 incubation하였다. 증폭된 유전자 산물은 2% Agarose gel을 이용하여 전기영동 한 후 PCR 증폭산물을 분석하였다.<sup>15)</sup>

### 5. 정량적 실시간 중합효소 연쇄반응(Quantitative Real-time PCR)

아데노바이러스 양성이 나온 검체의 바이러스 copy 수를 정량하기 위해 Adeno-X qPCR Titration kit (Clontech, USA)를 이용하였다. 실시간 PCR은 Bio-rad사의 CFX 96 real time system(Bio-rad, USA)을 사용하여 수행하였으며 PCR 조건은  $95^{\circ}\text{C}$ 에서 20초간 초기 변성시켰고, 두 단계 방법으로  $95^{\circ}\text{C}$ 에서 5초,  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 20초간 50 cycle을 반복 증폭하였다. qPCR kit내의 Adeno standard template stock solution( $5 \times 10^8/\mu$ l)에서 순차적으로 희석하여  $5 \times 10^4/\mu$ l~ $5 \times 10^0/\mu$ l 농도 범위로 표준검체를 설정하였다. 각

**Table 1.** Target genes of multiplex PCR primers of respiratory viruses tested in this study

Pathogen	Product size (bp)	Target gene	Target protein
Internal control	719	rbcL	Large subunit of ribulose-bisphosphate carboxylase
Human adenovirus	534	Pol gene	DNA polymerase
Influenza B virus	455	Segment 1	Polymerase PB1
Human respiratory syncytial virus A/B	401	A - F gene	F protein
		B - F gene	F protein
Influenza A virus	351	Segment 7	Matrix protein
Human parainfluenza virus 1/2/3	263	PIV1 - Pol gene	DNA polymerase
		PIV2 - HN gene	Hemagglutinin-neuraminidase
		PIV3 - Pol gene	DNA polymerase
Human metapneumovirus	214	F gene	F protein

표준검체 농도에 따라 실시간 PCR에 의해 얻어진 Ct값(threshold concentration)을 이용하여 작성된 표준곡선을 참고로 하여 검체의 Ct 값을 이용하여 검체 중의 아데노바이러스 copy수를 계산하였다.<sup>16,17)</sup> 계산된 아데노바이러스 copy수는 다음과 같은 계산 공식에 대입 환산하여 copies/m로 결과 값을 도출하였다.

$$\text{copies/ml} = \frac{(x \text{ copies})(1000 \mu\text{l/m})(50 \mu\text{l elution})}{(150 \mu\text{l sample})(5 \mu\text{l per PCR tube})}$$

### III. 결 과

#### 1. 대상 검체의 특성

호흡기 바이러스의 발생빈도가 비교적 춥고 건조한 날씨에 높고, 여름철엔 반대의 경향을 보이는데 기인하여, 시료채취는 계절별 4분기로 나누어 채취하였으며, 시료 채취 장소는 상대적으로 밀폐된 환경으로 생각되는 아파트 주거공간을 무작위로 선정하였다. 아파트 내의 층수나 평형별, 주위환경과의 관계, 포집시점의 거주자의 건강상태 모두 무작위로 선별하였으며, 집 내부의 위생 상태는 평상시 생활환경 내에서 포집하였다. 실내 및 실외 배란다 공기 중 부유물질을 포집하여 호흡기 바이러스 6종(인플루엔자 A 형 바이러스, 인플루엔자 B 형 바이러스, 아데노바이러스, 메타뉴모바이러스, 파라인플루엔자 바이러스, Respiratory syncytial virus)에 대한 검출을 multiplex PCR 법을 이용하여 정성분석 하였고,<sup>15,16)</sup> 그 중 아데노바이러스 양성 검체만을 real-time qPCR을 이용하여 정량분석하였다.<sup>17)</sup> 공기 중의 바이러스 분석을 위해 아파트 내의 실내, 실외 배란다에서 공기 중 부유물질을 채집함과 동시에 환경조건 중에서 바이러스 생존에 영향을 줄 수 있는 온도 및 습도에 대해 조사하여 Table 2에 나타내었다. 겨울철은 공기가 건조하고 실내 및 실외의 온도차가 심한 반면 여름철에는 온도 및 습도가 높고 실내외의 습도 및 온도차가 거의 없는 것을 알 수 있었다. 또한 가을철 및 겨울의 경우는 실외의 기온이 낮기 때문에 환기를 자주 시키지 않아 실내가 실외보다 건조한 환경이 조성되었음을 알 수 있었다. 봄철에는 실내외의 기온차가 거의 없으나 실내의 습도가 실외에 비해 다소 높은 것으로 나타났다.

**Table 2.** Seasonal environmental conditions of places for sample collection

Season (2010~2011)	Measurement place	Temperature (°C)	Humidity (%)
		M±SD*	M±SD
Spring (5.14~6.10)	Indoor	26.2±2.1	46.9±8.6
	Outdoor	25.9±3.9	42.1±14.1
Summer (7.25~9.08)	Indoor	29.1±1.8	68.5±7.6
	Outdoor	29.0±3.3	69.2±12.0
Autumn (10.20~11.24)	Indoor	22.7±3.6	39.8±9.2
	Outdoor	15.1±1.2	44.2±8.5
Winter (1.10~2.22)	Indoor	20.6±2.8	24.7±9.5
	Outdoor	7.7±3.0	28.7±8.9

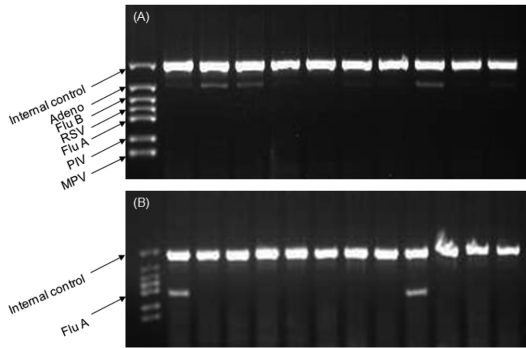
\*Mean ± standard deviation.

#### 2. 바이러스 검출

호흡기 질환 바이러스인 RSV나 인플루엔자 바이러스의 검출은 배양검사, ELISA 및 면역형광법 등을 통해 검사가 이루어지고 있으나, 최근에는 신속하고 특이적으로 진단할 수 있는 핵산 증폭법을 이용한 진단 키트들이 개발되어 시판되고 있다. 본 연구에서는 최근 많이 이용되는 multiplex RT-PCR 검사법을 사용하여 바이러스를 검출하였다.

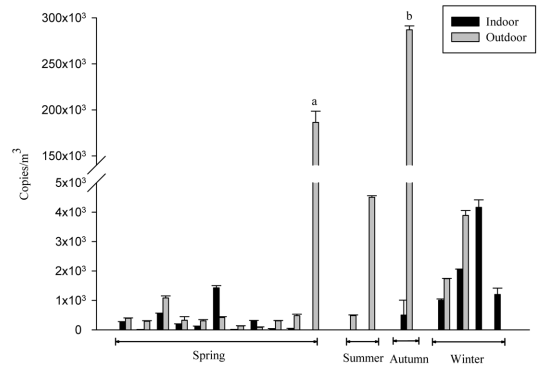
계절별로 채취한 공기 중의 부유 물질에서 인플루엔자 type A 바이러스, 인플루엔자 type B 바이러스, 아데노바이러스, 메타뉴모바이러스, 파라인플루엔자 바이러스, Respiratory syncytial virus 등 6종의 바이러스 검출을 위해 PCR을 통해 분석한 전기영동 결과는 influenza A virus의 경우는 351 bp에서 adenovirus의 경우에는 534 bp 크기의 증폭산물을 나타내었다(Fig. 1). 검토된 6 종류의 바이러스의 PCR 증폭산물의 크기가 다른 점을 이용하여 표준 분자량 marker와 비교하여 검출된 증폭산물의 분자량을 확인하여 바이러스의 종류를 확인하였다.

총 검체 중에서 분석 대상 바이러스 6종류 중에서 아데노바이러스가 31건(14.6%)으로 가장 많이 검출 되었으며, 인플루엔자 바이러스 type A 3건(1.4%), 파라인플루엔자 1건(0.5%)이 검출되었다. 검체 포집시기 별로는 봄철(2010. 5. 14~6. 10 사이) 검체에서 아데노바이러스가 21건(실내 9건, 실외 12건), 파라인플루엔자 바이러스 1건이 검출되었고, 여름철(7. 25~9. 8 사이)에는 아데노바이러스만 실외에서 2건이 검출되었고, 가을철(10. 20~11. 24 사



**Fig. 1.** Agarose gel electrophoresis of RT-PCR products for Pol region of adenovirus (A) and RNA segment 7 region of influenza virus type A (B).

이)에는 아데노바이러스가 실내 및 실외에서 각각 1건이 검출되었다. 2011. 1. 10~2. 22사이의 겨울철에는 아데노바이러스 6건(실내 4건, 실외 2건), 인플루엔자 바이러스 type A 3건(실내)이 각각 검출되었고, 그 중 1개의 실내시료에서 아데노바이러스 및 인플루엔자바이러스 type A가 중복검출 되었다 (Table 3). 전체적으로 바이러스 검출률이 실내와 실외간의 특이한 차이는 없었으며, 고르게 검출되었다. 아데노바이러스의 경우 바이러스 검출률이 실내와 실외간의 큰 차이는 없었으나, A형 인플루엔자 바이러스의 경우에는 모두 실내에서 검출되었다. 특히 아데노바이러스의 검출 빈도가 높았던 2010. 5. 14~6. 10사이 검체에서 검출된 아데노바이러스 21



**Fig. 2.** Quantification for adenovirus. The results were determined from three independent experiments and are expressed as mean values±standard deviation.

건 중 67%가 동일 거주지의 실내 및 실외 베란다에서 동시에 검출되었다.

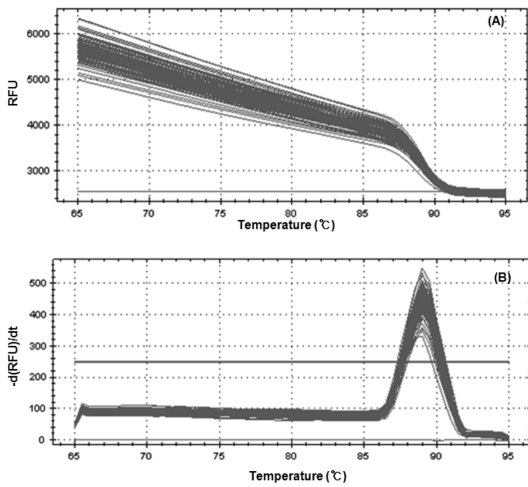
### 3. 아데노바이러스 정량분석

바이러스가 검출된 시료 중에서 가장 많이 검출된 아데노바이러스를 대상으로 하여 정량분석을 하였다. 아데노바이러스 정량분석 결과 31개의 양성 검체에서 평균 909.1 copies/m<sup>3</sup>의 바이러스가 검출되었다(Fig. 2). 전체적으로 양성검체간의 바이러스 copy 수가 큰 차이를 보이지 않았으나, 5월 14~6월 10일 및 10월 20일~11월 24일에 채취한 두 건의 검체(a 및 b)에서 특이적으로 높은 바이러스 수치를 보였는

**Table 3.** Seasonal virus detection results in indoor and outdoor

Sample collection time (2010~2011)	Number of sample (Indoor/Outdoor)	Detection number						Detection rate (%)
		Adenovirus		Influenza virus type A		Parainfluenza virus		
		Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	
Spring (5.14~6.10)	50(25/25)	9	12	ND	ND	ND	1	44.0
Summer (7.25~9.08)	52(26/26)	ND*	2	ND	ND	ND	ND	3.8
Autumn (10.20~11.24)	58(29/29)	1	1	ND	ND	ND	ND	3.4
Winter (1.10~2.22)	52(26/26)	4	2	3	ND	ND	ND	17.3
Detection rate (%)		13.2	16.0	2.8	-	-	0.9	
Total detection rate (%)		14.6		1.4		0.5		

\*Not detected.



**Fig. 3.** High resolution melting analysis of real-time PCR products of adenovirus positive samples. (A) Melting curves and (B) corresponding Tm curves.

데, 이는 검체채취시기에 실내에 호흡기 질환 환자가 있었기 때문에 환자로부터 배출된 호흡기 비말에 의해 특이적으로 높은 수치를 나타내었을 것으로 추정된다. 검출법으로 사용한 real-time PCR 법에서 발생할 수 있는 반응액 중의 primer dimer 합성에 의한 결과 값에 미치는 오차를 확인하고 증폭산물이 단일 증폭산물임을 확인하기 위해 65°C에서 95°C까지 1°C씩 온도를 증가시키면서 PCR 증폭산물이 해리되는 값을 기록하여 dissociation curve를 작성하여 아데노바이러스 정량 값에 primer dimer에 의한 오차는 없었음을 확인하였다(Fig. 3). 증폭 산물에 대한 dissociation curve는 89.0°C의 단일 melting temperature(Tm)를 보였으며(Fig. 3A) 단일 peak를 보여(Fig. 3B) PCR 증폭 산물이 단일 증폭산물임을

증명할 수 있었다. 또한 검출된 Flu A PCR 증폭산물에 대한 확인을 위해 실시한 염기서열 분석 결과는 Gene Bank에 등록된 influenza virus type A의 segment 7의 염기서열과 100% 일치하는 결과를 보였다(Fig. 4).

#### IV. 고 찰

바이러스의 생존력은 환경 중의 습도 및 온도 조건이 중요한 요인으로 작용하는 것으로 보고되고 있다. 인플루엔자 및 파라인플루엔자 바이러스의 경우에는 습도가 낮은 환경에서 안정적인 것으로 보고되었다.<sup>18,19)</sup> 아데노바이러스의 경우 습도가 낮은 실온에서 8주간 생존할 수 있다고 보고되었다.<sup>20)</sup> 또한 airborne virus의 생존력에는 공기 중의 단백질 분자나 염류 등을 비롯한 부유물에 따라서도 큰 영향을 받는 것으로 보고되고 있다.<sup>21,22)</sup> 본 연구의 결과를 보면 여름보다는 건조하고 기온이 낮은 겨울철 및 봄에 전체적으로 바이러스가 증가하였으며 이 결과는 호흡기 바이러스의 검출률이 겨울철에 증가한다는 보고와 일치하는 결과를 보였다. 본 연구에서 시료채취 장소를 무작위로 선정하였으나 실제로 시료채취 장소의 환경조건을 보면 기온이 상대적으로 낮고 건조한 조건에서 호흡기 바이러스의 검출률이 높은 것과 관련이 있는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 결과, 실내 및 실외공기 중 아데노바이러스의 분리빈도가 검사한 다른 호흡기 바이러스에 비해 높게 나타났다. 이는 국내에서 아데노바이러스가 최근 몇 년간 높은 수치로 검출되고 있는 추세이며 아데노바이러스가 대유행을 할 것으로 예상하는 질병관리본부의 예측과 관계가 있을 가능성이 있다. 앞서 기술된 바와 같이 질병관리본부의 보고에

Amplicon seq	1	atccaaataacatggacagagcagttaaactgtatagaaagcttaagaggygagataacattccatggggccaagaagaatagcgctcagttattctgctggtgcacttgcca
Netherlands	281	atccaaataacatggacagagcagttaaactgtatagaaagcttaagaggygagataacattccatggggccaagaagaatagcgctcagttattctgctggtgcacttgcca
Japan	269	atccaaataacatggacagagcagttaaactgtatagaaagcttaagaggygagataacattccatggggccaagaagaatagcgctcagttattctgctggtgcacttgcca
Singapore	266	atccaaataacatggacagagcagttaaactgtatagaaagcttaagaggygagataacattccatggggccaagaagaatagcgctcagttattctgctggtgcacttgcca
Korea	269	atccaaataacatggacagagcagttaaactgtatagaaagcttaagaggygagataacattccatggggccaagaagaatagcgctcagttattctgctggtgcacttgcca
Rockefeller	267	atccaaataacatggacagagcagttaaactgtatagaaagcttaagaggygagataacattccatggggccaagaagaatagcgctcagttattctgctggtgcacttgcca

**Fig. 4.** Comparison of nucleotide sequences of influenza virus type A amplicon and segment 7 regions of selected influenza virus type A. The accession numbers of aligned influenza virus type A DNAs are as follows: Netherlands (H1N1), CY077781.1; Japan (H2N2), CY04582.1; Singapore (H2N2), CY034053.1; Korea (H2N2), CY031596.1; Rockefeller (H1N2), CY045845.1.

의하면 2010년도에는 전반적으로 감기 등 급성 호흡기 증상을 보이는 환자에서 아데노바이러스가 예년에 비해 높은 비율로 유행하였고, 특히 2010년 6월 20일부터 2010년 9월 4일까지 아데노바이러스가 지난 4년간 연평균 검출률(2.3%)보다 8배 이상 증가한 20% 이상이 검출되었다고 보고되었다. 본 연구의 결과에서도 시료채취 기간이 이 기간과 중복되는 경우에 아데노바이러스의 검출률이 44%로 매우 높게 나타나 질병관리본부의 보고내용을 뒷받침하고 있음을 알 수 있었다. 아데노바이러스에 의한 감염 증은 연중 발생하는 특성을 보이거나 adenovirus의 aerosol 내의 안정성은 온도가 낮고 습도가 높은 환경에서 좀 더 안정성을 보이는 것으로 보고되었다.<sup>23)</sup> 또한 adenovirus type 12를 이용하여 습도에 따른 aerosol 내 및 hamster 폐내에서의 virus recovery를 조사한 결과에 따르면 습도가 높은 경우에 습도가 낮은 경우보다 상대적으로 recovery rate가 높게 나타났다라고 보고되었다.<sup>24)</sup>

아데노바이러스의 경우 겨울 및 봄에 분리 빈도가 높았으나, 전체적으로 계절에 관계없이 실내 및 실외에서 비슷한 수준으로 연중 검출되었다. 이는 아데노바이러스의 경우 감염력이 강하고 생체 밖에서도 생존력이 강한 특성에 의해 실내 및 실외에서 검출이 되었을 것으로 추정된다. 반면에 인플루엔자 바이러스의 경우에는 겨울철 실내에서만 검출되었다. 검체채취가 이루어진 주거환경의 환경적인 요인(Table 2)을 보면 온도가 낮고 건조한 겨울철에 인플루엔자 바이러스의 검출률이 증가한 결과를 보였다. 이는 인플루엔자 바이러스가 기온이 낮고 건조한 조건에서 전파력이 높아 검출률이 증가한다는 보고와 일치하는 결과를 보였다.<sup>25)</sup> 호흡기 바이러스 감염의 전파경로는 감염자의 손 및 공기 중의 비말에 의한 감염이며, 이는 한정된 공간에 많은 수의 사람이 있거나 밀폐되어 있을수록 전파가 빠르다. 따라서 기온이 낮은 겨울철 및 환절기에 환기를 자주 하지 않는 환경에서의 호흡기 바이러스의 검출률이 높게 나타나는 것과 관련이 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용한 multiplex PCR 법은 신속하게 진단할 수 있는 장점을 가지고 있으며 기존에 사용되어 온 Direct immunofluorescence assay(DFA) 및 세포배양법에 비해 검사 가격은 저렴하면서 민감도가 향상된 방법으로 특이도 또한 기존의 검사법에

비해 월등히 향상된 방법으로 보고되었다. 핵산증폭법은 바이러스의 copy 수가 매우 적은 경우에도 검출이 가능한 민감도가 특히 뛰어난 방법으로 보고되었다.<sup>26)</sup> 그러나 핵산증폭법은 감염력이 있는 바이러스 뿐만 아니라 감염력이 상실된 바이러스도 동시에 검출 될 수 있는 단점을 가지고 있다. 세포를 배양하여 plaque를 생성시키는 방법은 감염력을 가진 바이러스를 검출하기에 가장 확실한 방법이다. 따라서 감염력을 가진 바이러스의 농도에 대한 평가는 세포 배양 등을 통해 수행되어야 한다.

## V. 결 론

본 연구 결과에서 보여주는 바와 같이 주거환경 공기 중에도 호흡기 바이러스가 존재하고 있음을 알 수 있었으며 특히 실내에 호흡기 질환을 보이는 사람이 있을 시 실내 공기 중의 바이러스 수치가 급격히 증가함을 알 수 있었다. 이는 호흡기 바이러스의 전파는 주로 환자의 손의 접촉에 의해 전파되는 것으로 알려져 있으나 호흡기 바이러스가 공기를 통해서 전파될 가능성도 있음을 시사한다. 환자들이 모이는 원내에서의 감염뿐 아니라 집안 내에서의 가족 구성원 중 한 사람만이라도 호흡기 바이러스에 감염되면, 다른 가족들도 모두 호흡기 감염에 노출된 위험이 크게 증가될 수 있다는 것을 보여주고 있다. 특히 아데노바이러스와 같이 체외 환경에서의 생존력이 큰 바이러스들에 의한 공기 오염이 일어날 가능성이 높은 것으로 생각된다. 또한 실내뿐만 아니라 상대적으로 공기순환이 잘되는 곳에서도 바이러스의 존재를 확인할 수 있었다. 특히 겨울철과 같이 저온의 건조한 환경에서는 실내에서의 바이러스 검출이 증가하므로 환기를 철저히 하여 바이러스에의 노출을 최소화 하면 호흡기 질환 예방에 도움이 될 것으로 생각된다. 호흡기 바이러스 감염을 차단하기 위해 손 씻기가 기본이나, 공기전파에 의한 감염을 차단하기 위해 공기 정화 등의 예방 대책을 수립해야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구를 통해 아데노바이러스 및 인플루엔자바이러스 등의 호흡기바이러스가 주거환경 내 공기 중에 존재하는 것을 알게 되었으므로 호흡기바이러스에 의한 감염증 발생 가능성에 대한 예측 지표로 이용할 수 있는 자료의 확보를 위해 주거환

경 공기 중의 호흡기 바이러스에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 GS건설기술연구소와 웅진코웨이 주식회사의 연구비 지원에 의해 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- van den Hoogen BG, Osterhaus D, Fouchier RA. Clinical impact and diagnosis of human metapneumovirus infection. *Pediatr Infect Dis J*. 2004; 23(1 Suppl): S25-32.
- Denny Jr, FW. The clinical impact of human respiratory virus infections. *Am J Respir Care Med*. 1995; 152(4): 4-12.
- Erard V, Huang ML, Ferrenberg J, Nguy L, Stevens-Ayers TL, Hackman RC, et al. Quantitative real-time polymerase chain reaction for detection of adenovirus after T cell-replete hematopoietic cell transplantation: viral load as a marker for invasive disease. *Clin Infect Dis*. 2007; 45(8): 958-965.
- Hierholzer JC. Adenovirus in the immunocompromised host. *Clin Microbiol Rev*. 1992; 5(3): 262-274.
- Rivers MN, Alexander JL, Rohde RE, Pierce JR. Hantavirus pulmonary syndrome in Texas: 1993-2006. *South Med J*. 2009; 102(1): 36-41.
- Lee JY. Between life and death of the virus, 1st ed. Seoul: Jiho publishing; 2005. p.278.
- Isaacs D, Moxon ER, Handbook of Neonatal Infections, 1st ed. Philadelphia: W B Saunders company; 1999. p.53-78.
- Moser MR, Bender TR, Margolis HS, Noble GR, Kendal AP, Ritter DG. An outbreak of influenza abroad a commercial airliner. *Am J Epidemiol*. 1979; 110(1): 1-6.
- Kenyon TA, Valway SE, Ihle WW, Onorato IM, Castro KG. Transmission of multidrug-resistant Mycobacterium tuberculosis during a long airplane flight. *N Engl J Med*. 1996; 334(15): 933-938.
- Myatt TA, Johnston SL, Zuo Z, Wand M, Kebabze T, Rudnick S, et al. Detection of airborne rhinovirus and its relation to outdoor air supply in office environments. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004; 169(11): 1187-1190.
- Kim SH, Heo JH, Bae SY, Kim JS, Yoon SD, Lim CS, et al. Epidemiology of respiratory virus in 2004-2006. *J Korea Clinical Laboratory*. 2006; 26(5): 351-357.
- Public health weekly report. *Korea Centers for Disease Control*. 2011; 4(15): 269.
- Kang JO, Kim EC, Lee KM, Lee NY, Lee CK. Surveillance for respiratory virus testing situation in Korea and epidemiology for the respiratory viruses detected in 5 university hospitals. *Korean J Clin Microbiol*. 2007; 10(2): 102-108.
- Ahn KM, Chung SH, Chung EH, Koh YJ, Nam SY, Kim JH, et al. Clinical characteristics of acute viral lower respiratory tract infections in hospitalized children in seoul, 1996-1998. *J Korean Med Sci*. 1999; 14(4): 405-411.
- Cheong HY, Lee JH, Kim YB, Nam HS, Choi YJ, Kim CJ, et al. Viral etiologic agents in acute viral lower respiratory tract detected by multiplex RT-PCR. *Pediatr Allergy Respir Dis*. 2007; 17(4): 334-53.
- Echavarría MM, Forman M, Ticehurst J, Dumler JS, Charache P. PCR method for detection of adenovirus in urine of healthy and human immunodeficiency virus infected individuals. *J Clin Microbiol*. 1998; 36(11): 3323-3326.
- Schilham MW, Claas EC, van Zaane W, Heemskerck B, Vossen J, Lankester AC, et al. High levels of adenovirus DNA in serum correlate with fatal outcome of adenovirus infection in children after allogeneic stem-cell transplantation. *Clin Infect Dis*. 2002; 35(5): 526-532.
- Harper GJ. Airborne microorganism: Survival tests with four viruses. *J Hyg*. 1961; 59: 479-486.
- Miller WS, Arienstein MS. Aerosol stability of three acute respiratory disease viruses. *Proc Soc Exp Biol Med*. 1967; 125(1): 222-227.
- Mahl MC, Sadler C. Virus survival on inanimate surfaces. *Can J Microbiol*. 1975; 21(6): 819-823.
- Benbough JE. The effect of relative humidity on the survival of airborne Semliki Forest virus. *J Gen Virol*. 1969; 4(4): 473-477.
- Webb SJ, Bather R, Hodges RW. The effect of relative humidity and inositol on airborne viruses. *Can J Microbiol*. 1963; 9: 87-92.
- Elazhary MA, Derbyshire JB. Aerosol stability of bovine adenovirus type 3. *Can J Comp Med*. 1979; 43(3): 305-312.
- Davis GW, Grieseer RA, Shaddock JA, Farrell RL. Effect of relative humidity on dynamic aerosols of adenovirus 12. *Appl Microbiol*. 1971; 21(4): 676-679.
- Lowen AC, Mubareka S, Steel J, Palese P. Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog*. 2007;



3(10): 1470-1476.  
26. Freymuth F, Vabret A, Cuvillon-Nimal D, Simon S, Dina J, Legrand L, et al. Comparison of multiplex PCR assays and conventional techniques for the

diagnostic of respiratory virus infections in children admitted to hospital with an acute respiratory illness. *J Med Virol.* 2006; 78: 1498-1504.