

Isolation Trend of Nontuberculosis Mycobacteria at a Tertiary-care Hospital in 2003-2011

Hee Young Yang

Department of Laboratory Medicine, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

2003-2011년의 한 삼차 의료 기관 내 비결핵 항산균 분리 추세

양희영

고신대학교 의과대학 진단검사의학교실

Objectives: This study was performed to investigate the prevalence of nontuberculous mycobacteria (NTM) species and to determine the clinical significance of NTM isolates.

Methods: From January 2003 to July 2011, NTMs were identified using polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) or reverse blot hybridization assay (REBA). And pulmonary NTM infection was diagnosed by clinical history, underlying disease, radiological and microbiological findings according to the diagnostic criteria of 2007 American Thoracic Society (ATS).

Results: Of the 697 AFB culture-positive specimens, NTM was detected in 149 (21.4%) specimens. Among 154 NTM isolates from 149 specimens, *M. avium-intracellulare complex* (MAC) (48.1%) was the most frequently isolated organisms followed by *M. abscessus* (13.6%), *M. goodii* (9.1%), *M. kansasii* (8.4%), *M. szulgai* (3.9%), *M. fortuitum complex* (3.3%), *M. scrofulaceum* (2.0%), *M. malmoense* (1.3%), *M. chelonae* (1.3%), *M. marinum* (1.3%), *M. genavense* (1.3%), *M. lentiflavum* (1.3%) and *M. mucogenicum* (0.6%). Among 147NTM isolates from 142 respiratory specimens, 54 NTM isolates (36.7%) were causative organisms in NTM pulmonary infection.

Conclusions: The isolation rate of NTM was 21.4% in clinical specimen, and in some cases NTM species results in pulmonary NTM infection. Because the treatment of pulmonary NTM infection depends on the infecting species, accurate identification and clinical significance of NTM are required for adequate treatment.

Key Words: Acid-fast bacilli (AFB), Nontuberculous mycobacteria (NTM), Pulmonary infection

비결핵 항산균(nontuberculous mycobacteria, NTM)은 토양과 물 같은 주위 자연 환경에 널리 분포하고 있어, 대부분 임상 검체에서 검출되었을 때 오염균 또는 정착균으로 간주되어 왔다.¹ 하지만 최근 후천성 면역결핍 환자에서의 NTM감염 증가와 정상인에서 NTM 폐 감염 빈도 증가 그리고 임상 검체에서 정확히 NTM을 분리, 동정하는 검사실 방법의 발달로 전 세계적으로 NTM에 대한

관심이 증가되고 있다.²

과거 국내에서는 결핵의 유병률이 높고 항산균의 대부분이 결핵균(*Mycobacterium tuberculosis*)이었기 때문에 배양 후 항산균 도말 외에는 더 이상의 동정검사를 진행하지 않고, 결핵균과 비결핵 항산균을 구별하지 않는 경우가 많았다.^{3,4} 점차 감소하고 있는 결핵과는 달리 NTM 감염증은 개발도상국과 선진국 모두에서 증가 추세

Corresponding Author: Hee Young Yang, Department of laboratory Medicine, Kosin University College of Medicine, Amnam-Dong 34, Seo-gu, Busan 602-702, Korea
TEL: 051) 990-6715 FAX: 051) 990-3034 E-mail: jemini25@hanmail.net

Received: July 30, 2011
Revised: August 25, 2011
Accepted: November 30, 2011

를 보이고 있다.⁵ 최근 국내에서도 장기이식, 항암치료요법을 받는 환자들의 증가로 면역기능이 저하된 환자들이 증가하면서 임상 검체에서 NTM의 분리율과 관련 감염증이 증가하고 있어,^{4,6,7} 지역사회에서 NTM의 역학적 양상과 폐질환 발생과의 연관성에 대한 지속적인 추가 연구가 요구되고 있다. 하지만 아직까지 장기간에 걸친 임상 검체에서 NTM의 균종 분포에 대한 조사는 활발히 이루어지지 않고 있다.

미국흉부학회(American Thoracic Society, ATS)에서 1997년 발표한 NTM 폐질환 진단 기준은 도말과 배양 검사에서 균의 정량까지 포함한 엄격한 기준으로 인해 NTM 폐질환의 의심되어도 미생물학적 기준을 만족하지 못하는 경우가 많았다. 배양 균 정량이 불가능한 액체 배지 등의 이용이 활발해지면서 2007년 미생물학적 기준을 완화시킨 새로운 기준을 발표하였으나 아직 국내에서는 2007년 미국흉부학회 기준을 바탕으로 NTM 폐질환 진단을 적용한 연구가 거의 없다.

이에 본 연구에서는 한 삼차 의료 기관에서 다년간 분리된 NTM의 분포와 빈도를 확인하고, 폐 감염증과 관련된 균종에 따른 병원성률을 2007년 미국흉부학회 기준에 따라 분석하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

2003년 1월부터 2011년 7월까지 8년 7개월 동안 고신대학교 복음병원 진단검사의학과에 항산균 배양검사가 의뢰된 검체 중에 배양 양성인 후 결핵 협회에 의뢰하여 결핵균 동정을 실시한 결과에 대해 전산 기록을 확인하여 분석하였다.

2. 연구방법

1) 항산균 도말 및 배양

항산균 도말은 fluorochrome 염색을 이용하여 관찰 후 양성 검체는 다시 Ziehl-Neelson 염색법을 이용하여

확인하였다. 그 결과는 미국CDC (Center for Disease Control and Prevention) 기준에 따라 판독하였다. 배양은 액체배지인 Mycobacteria Growth Indicator Tube (MGIT, Becton Dickinson, Sparks, Md., USA)를 이용하였고 전용 배양기인 BACTEC MGIT 960 (Becton Dickinson, Sparks, Md., USA) system에서 6주간 배양하였고 양성 판독 표시가 나오면 도말을 준비하여 Ziehl-Neelson 법으로 염색하여 항산균 유무를 확인하였다.

2) NTM 동정 검사 방법

항산균 배양 양성 검체를 대상으로 주치의가 의뢰 시 2003년 1월부터 2010년 5월까지의 녹십자 의료 재단에서, 2010년 6월부터 2011년 7월까지의 결핵 협회에서 NTM 동정 검사를 실시하였다. 두 검사실 모두 NTM의 동정은 *rpoB* 유전자의 다형성 부위를 이용하여 중합효소연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)으로 증폭하고 그 산물을 제한 효소로 처리 후 균종에 따른 특이적 절편양상을 확인하는 restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) 방법을 이용하였다. 단, 일부 기간인 2010년 1월부터 5월까지 녹십자 의료재단에서는 종 특이 다형성이 존재하는 *rpoB* 유전자 부위를 PCR로 증폭하고 얻어진 산물을 역교잡법인 reverse blot hybridization assay (PCR-REBA) 분석을 이용하여 NTM을 동정하였다.

3) NTM 폐감염증 진단

2007년 미국흉부학회(American Thoracic Society, ATS)에서 발표한 NTM 폐질환 진단기준에 따라 호흡기 검체에서 NTM이 동정된 환자를 대상으로 의무기록을 조사하여 임상적으로 호흡기 증상을 확인하였고, 단순 흉부 촬영과 컴퓨터 단층 촬영 등을 확인하여 침윤, 결절, 공동성 병변, 기관지 확장증 등의 방사선학적 이상 소견을 조사하였다. 그리고, 미생물학적 기준으로는 첫째, 객담 검체에서 최소 2회 배양 양성이거나 둘째, 기관지 세척액에서 최소 1회 배양 양성 또는 셋째, 경기관지 폐생검 등 조직 배양 양성이거나 조직검사서 육아종성 염증 등 항산균 감염의 증거가 있으면서 1회 이상 객담 또는 기관지 세척액에서 NTM 배양 양성인지 등을 확인하였다.² 균주 간 병원성률을 비교하기 위하여 호흡기 검체에서 나온

Table 1. Annual distribution of AFB culture, AFB culture positive, AFB identification and NTM positive isolates

Year	Number			
	AFB culture	AFB culture positive	AFB identification	NTM positive (%*)
2003	2604	318	109	23 (21.1)
2004	2771	320	98	22 (22.4)
2005	3171	281	53	6 (11.3)
2006	3333	224	30	5 (16.7)
2007	3280	261	11	3 (27.3)
2008	3648	292	35	6 (17.1)
2009	5086	407	124	24 (19.4)
2010	6522	527	154	31 (20.1)
2011 [†]	3965	233	83	29 (34.9)
Total	34380	2863	697	149 (21.4)

Abbreviation: AFB, acid-fast bacilli; NTM, nontuberculosis mycobacteria

*NTM positive/NTM identification*100, [†]From 1 January 2011 to 31 July 2011

Table 2. Annual distribution of NTM species

Species	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total (%)
<i>M. avium-intracellulare complex</i>	15	14	3	4	1	1	5	14	17	74 (48.1)
(<i>M. avium</i>)	0	0	0	1	1	0	2	3	4	
(<i>M. intracellulare</i>)	0	0	0	0	0	1	3	11	13	
<i>M. abscessus</i>	1	2	1	0	1	2	5	3	6	21 (13.6)
<i>M. goodii</i>	0	2	0	0	0	2	5	3	2	14 (9.1)
<i>M. kansasii</i>	2	2	1	0	0	1	0	5	2	13 (8.4)
<i>M. szulgai</i>	3	2	0	1	0	0	0	0	0	6 (3.9)
<i>M. fortuitum complex</i>	0	0	0	0	1	0	2	2	0	5 (3.3)
<i>M. malmoense</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (1.3)
<i>M. scrofulaceum</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	0	3 (2.0)
<i>M. chelonae</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2 (1.3)
<i>M. marinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2 (1.3)
<i>M. genavense</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2 (1.3)
<i>M. lentiflavum</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2 (1.3)
<i>M. mucogenicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0.6)
unclassified	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7 (4.5)
Total	24	22	6	5	3	6	24	35	29	154 (100)

Abbreviation: NTM, nontuberculosis mycobacteria

각 균주 별로 폐감염증이 나타난 비율을 확인하였다.

결 과

2003년 1월부터 2011년 7월까지 항산균 배양 검사를 의뢰한 검체는 34,380건이고 이 중 배양 양성인 경우는 2,863건(8.4%)이었다. 배양 양성 검체 중 주치의에 의해 항산균 동정을 의뢰한 건수는 697건이었고, 이 중 NTM으

로 동정된 경우는 149 건(21.4%)이었다(Table 1). NTM 이 동정된 검체 분포를 분류하면 호흡기 검체는 객담 125 건, 기관지 세척액 15건, 흉수 2건으로 142건(95.3%) 그리고 비호흡기 검체는 창상 검체 3건, 뇌척수액, 복수, 대장 액과 기타 검체가 각 1건으로 7건(4.7%)이었다.

149건 중 5건에서 서로 다른 2종의 NTM균이 분리되어 균주 수는 154 주였고, 중복 동정된 경우 각각을 살펴보면 *M. lentiflavum*와 *M. genavense* 2건, *M. kansasii*와 *M.*

Table 3. NTM pulmonary disease by ATS guidelines in respiratory specimens

Species	No. of NTM isolated from respiratory specimens	No. of NTM pulmonary disease* (% [†])
<i>M. avium-intracellulare complex</i>	71	29 (40.8)
<i>M. abscessus</i>	21	8 (38.1)
<i>M. gordonae</i>	14	1 (7.1)
<i>M. kansasii</i>	13	6 (46.2)
<i>M. szulgai</i>	6	2 (33.3)
<i>M. fortuitum complex</i>	4	2 (50.0)
<i>M. malmoense</i>	2	0 (0.0)
<i>M. scrofulaceum</i>	3	2 (66.7)
<i>M. chelonae</i>	1	0 (0.0)
<i>M. marinum</i>	1	1 (100)
<i>M. genavense</i>	2	1 (50.0)
<i>M. lentiflavum</i>	2	1 (50.0)
<i>M. mucogenicum</i>	1	0 (0.0)
unclassified	6	1 (16.7)
Total	147	54 (36.7)

Abbreviation: NTM, nontuberculosis mycobacteria, No, Number; ATS, American Thoracic Society

* NTM Pulmonary disease was confirmed by clinical history, underlying disease, radiological and microbiological finding according to the diagnostic criteria of 2007 American Thoracic Society (ATS)

[†]No. of NTM pulmonary disease/ No. of NTM isolated from respiratory specimens*100

szulgai 1건, *M. mucogenicum*과 *M. gordonae* 1건, *M. intracellulare*와 *M. scrofulaceum* 1건이었다. 균종별로 살펴보면 *M. avium-intracellulare complex* (MAC)가 74주(48.1%)로 가장 많았고, 그 다음 *M. abscessus* 21주(13.6%), *M. gordonae* 14주(9.1%), *M. kansasii* 13주(8.4%), *M. szulgai* 6주(3.9%), *M. fortuitum complex* 5주(3.3%), *M. scrofulaceum* 3주(2.0%), *M. malmoense*, *M. chelonae*, *M. marinum*, *M. genavense* 그리고 *M. lentiflavum*이 각 2주(1.3%), *M. mucogenicum* 1주(0.6%)의 순서로 동정되었고 이 외에 unclassified NTM은 7주(4.5%)가 검출되었다(Table 2).

NTM이 동정된 호흡기 검체 142건은 127명의 환자에서 분리된 검체였고, 이 중 미국흉부학회의 NTM 폐질환 진단 기준에 따라 검사 의뢰 횟수를 만족하고 NTM 폐질환으로 진단할 수 있는 경우는 53명(41.7%)이었다. 호흡기 검체의 균주 수는 147주였고 그 중 폐질환과 관련된 NTM은 54주(36.7%)였으며, 균종별 병원성률은 *M. avium-intracellulare complex* 40.8%, *M. abscessus* 38.1%, *M. gordonae* 7.1%, *M. kansasii* 46.2%, *M. szulgai*

33.3%, *M. fortuitum complex* 50.0% 등의 분포를 보였다 (Table 3).

고찰

NTM은 결핵균군(*M. tuberculosis complex*; *M. tuberculosis*, *M. bovis* 그리고 *M. africanum* 포함)과 나병균(*M. leprae*)을 제외한 마이코박테리아를 말하며, 현재까지 125종 이상이 알려져 있고, 이중 60여 종이 인체 질환의 원인으로 알려져 있다. NTM은 전통적으로 1954년 Runyon에 의해 성장속도, 집락 형태, 색소 형성에 따라 분류하였는데 성장하는데 7일 이상이 소요되는 경우는 지연 발육균, 7일 이내에 성장하는 균종을 신속 발육균이라고 하였다. 지연 발육균은 색소 생성에 따라 광발색균(photochromogen), 암발색균(scotochromogen), 그리고 비발색균(nonchromogens)으로 나뉜다.⁸ 하지만 이러한 분류는 임상적인 가치가 적어 최근에는 관련된 임상상에 따라 폐질환, 림프절염, 피부감염 그리고 파종성 감염 등으로 분류하고 있다.²

NTM은 치료 선택을 결정하는 항균제 감수성 양상이 차이가 있기 때문에 종 수준까지 동정하여야만 하는데, 동정에 이용되는 검사실 방법으로는 성장 속도와 색소 형성, 생화학적 성상으로 확인하는 표현형 검사법, 상업용 DNA probe와 high-performance liquid chromatography (HPLC)를 이용한 신속 동정법, 그 외에 DNA 염기서열결정법 또는 PCR restriction endonuclease assay (PRA) 방법 등이 있다. 국내 결핵균 검사 실태에 대한 보고에 따르면 결핵균과 NTM까지 동정하는 기관이 적은 것으로 보고되고 있는데,⁹ 본 연구기관에서도 2003년 처음 항산균 동정이 실시된 이래 다수 의뢰되었다가 중간 일부 기간 동안 의뢰가 활발히 이루어지지 않았으나, 최근 다시 NTM의 중요성을 인식하면서 의뢰 비율이 늘어나고 있는 추세를 보였다. 국내 임상 검체에서 분리되는 마이코박테리아 중 NTM이 차지하는 비율이 점점 증가하고 있고, 결핵과 NTM의 치료가 다르므로 이를 정확히 동정 감별하는 것이 필요하다.

국내에서 보고된 NTM 균종 별 분리율에 대한 자료를 살펴보면, 1960년대의 NTM 분리율은 배양 양성 검체 중 1% 미만이었으며,¹⁰ 1970년대 객담 검체에서의 분리율은 3% 미만으로 보고되었다.¹¹ 최근, 2002년에서 2006년 사이 보고된 NTM 분리율은 서울의 삼차 의료기관들에서는 10.3-21.9%,^{6,12,13} 2008년 울산대 병원에서는 12.4%로 다양한 결과를 보이고 있는데,¹⁴ 본 연구에서는 21.4%를 보여 비교적 높은 비율에 해당하는 것으로 나타났다.

대한 결핵 및 호흡기 학회에서 1995년에 보고한 전국 실태 조사에서 1981년 1월에서 1994년 10월까지 동정된 158건의 NTM 결과 중 대다수인 133건인 84.2%가 1990년 이후 검체에서 분리되었고, 특히 1994년 10개월 동안에만 96건이 분리되어 점차 크게 NTM이 증가하였다고 보고하였다.⁴ 한 의료기관에서 1997년 7월부터 2001년 12월까지 의뢰된 1,889건의 객담 중 196건(10.3%)에서 NTM이 분리되었고, 시기별로 살펴보았을 때 NTM 분리 비율은 1997년 하반기 6.5% (17/262)에서 2001년 하반기 17.8% (36/202)로 점차 증가하는 추세를 보였다.⁶ 본 기관에서는 모든 항산균 배양 양성 검체를 대상으로 균 동정을

의뢰하지 않았고(24.3%, 697/2863), 특히 2007년에는 배양 양성 검체 261건 중 11건(4.2%, 11/261)만 동정이 의뢰되는 등 기간 중 균 동정을 의뢰하는 비율이 일정하지 않았다. 이로 인해, 기간에 따른 NTM의 증감을 정확히 비교해서 확인하기 어려웠지만, 2003년에 21.1%였던 NTM 양성률이, 동정 의뢰가 줄어든 2005년에서 2008년 사이에는 11.3-27.3%로 다양한 비율을 보이다가, 다시 동정 검사를 기존과 같이 정상적으로 의뢰되면서 2009년부터는 점차 NTM 양성률이 증가하면서 2011년에는 34.9%를 보여 NTM이 최근 더 증가하는 양상을 보일 수 있음을 추정할 수 있었다.

NTM의 균종 분포와 빈도에 대한 국내 보고를 살펴보면 대부분의 보고에서 MAC이 22.7-65.2%로 대다수를 차지하였고, 두번째로 많이 분리되는 균종은 기관에 따라 차이가 있는데 *M. fortuitum* complex, *M. abscessus*, 또는 *M. kansasii* 등이었다.^{4,14,15} 본 연구에서도 다른 기관들과 마찬가지로 MAC이 48.1%로 가장 많았고, 그 다음 많이 분리된 *M. abscessus*는 13.6%로 다른 조사 기관들보다 높은 빈도를 보였다. *M. gordonae*, *M. kansasii*와 *M. szulgai*는 1995년 전국조사와 결핵 연구원보다 높은 비율을 보인 반면 일개 병원 조사인 울산대학교 병원보다 낮은 비율을 보였고, 전국조사에서 세번째로 많이 검출되었던 *M. chelonae*는 본 연구에서는 1.3%만 동정되었다.

임상적으로 의의가 있는 NTM에 의한 폐질환은 국내 여러 연구에서 26-46%로 보고되고 있는데,^{6,16,17} 본 연구에서는 36.7%로 다른 연구들과 비슷한 결과를 보이고 있다. 2006년 고 등의 연구 폐질환 원인균을 살펴보면, 주요 균종에서 MAC는 48%, *M. abscessus*는 33% 그리고 *M. kansasii* 50%의 병원성을 보였고,⁶ 이는 본 연구의 결과인 MAC 40.3%, *M. abscessus* 38.1%, *M. kansasii* 46.2%와 비슷한 수준이었다. 이에 비해, 울산대 병원의 균종별 병원성률은 MAC, *M. abscessus* 등의 주요 균종들의 병원성률은 56-79.6%였는데,¹⁴ 이는 본 연구기준보다 더 엄격한 1997년의 미국흉부학회 기준을 적용하였는데도 불구하고 오히려 더 높은 병원성률을 보이고 있어 지역간 균주별 병원성률이 차이를 보일 수 있음을 알 수 있었다.

NTM의 치료는 MAC의 경우 rifampin, ethambutol, isoniazid와 같은 1차 약제와 clarithromycin이나 azithromycin과 같은 macrolide 계열 항생제 사용이 권장되고 있고, 일반 결핵약제에는 내성을 보이는 *M. abscessus*의 경우는 macrolide 계열 항생제와 amikacin, cefoxitin, 또는 imipenem 등의 사용을 권장하는 등 균종에 따라 치료약제에 차이가 있기 때문에, NTM에 의한 감염증이 늘어나면서 이에 대해 정확한 동정을 하는 것이 요구되고 있다.²

본 연구의 한계점은 모든 항산균 배양 검체를 대상으로 NTM 동정을 하지 않았고, 특히 연도간 NTM 동정 의뢰 비율에 차이가 있어 정확한 NTM 분포를 반영했다고 보기 어렵다는 점이지만, 부산 지역의 단일 기관에서 8년 7개월 간의 오랜 기간에 걸쳐 보고된 결과들을 반영한 NTM 분리 추세에 대한 자료와 임상 결과를 확인하여 NTM 폐감염증에 대한 지역내 역학 정보를 제공하고 있다.

결론적으로, NTM 검출률은 21.4%로 높은 빈도를 보이고 있고, 가장 많이 검출된 균주는 MAC으로 다른 기관과 비슷하였지만 그 다음으로 *M. abscessus*이 높은 비율로 검출되어 기관 간 일부 차이를 보였다. 호흡기 검체에서 NTM 발견 시 폐질환 가능성이 36.7%에 이르러, NTM 원인 균종에 따라 다른 치료약제를 필요로 하기 때문에 적절한 환자 치료를 위해 정확하고 신속한 NTM 동정이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Falkinham JO, 3rd. Nontuberculous mycobacteria in the environment. Clin Chest Med 2002;23:529-51.
- Griffith DE, Aksamit T, Brown-Elliott BA, Catanzaro A, Daley C, Gordin F, et al. An official ATS/IDSA statement: diagnosis, treatment, and prevention of nontuberculous mycobacterial diseases. Am J Respir Crit Care Med 2007;175:367-416.
- Kim MN, Lee SH, Yang SE, Pai CH. Mycobacterial testing in hospital laboratories in Korea: results of a survey of 40 university or tertiary-care hospitals. Korean J Clin Pathol 1999;19:86-91.
- Scientific committee in Korean academy of tuberculosis and respiratory diseases. National survey of mycobacterial diseases other than tuberculosis in Korea. Tuberc Respir Dis 1995; 42:277-94.
- Olivier KN. Nontuberculous mycobacterial pulmonary disease. Curr Opin Pulm Med 1998;4:148-53.
- Koh W, Kwon O, Yu C, Jeon K, Suh G, Chung M. Recovery rate of nontuberculous mycobacteria from acid-fast-bacilli smearpositive sputum specimens. Tuberc Respir Dis 2003;54: 22-32.
- Lee J, Choi H, Lee H, Joung E, Huh J, Oh Y, et al. Recovery rate and characteristics of nontuberculous mycobacterial isolates in a university hospital in Korea. Tuberc Respir Dis 2005; 58:385-91.
- Jarzemowski JA, Young MB. Nontuberculous mycobacterial infections. Arch Pathol Lab Med 2008;132:1333-41.
- Chang C, Park TS, Kim MN, Lee NY, Lee HJ, Suh JT. Survey on Changes in Mycobacterial Testing Practices in Korean Laboratories. Korean J Clin Microbiol 2001;4:108-14.
- Kim KS, Shin YD, Ahn JW. Epidemiologic study of unclassified mycobacteria. Tuberc Respir Dis 1966;13:5-20.
- Kim SC, Kim SC. A Study on Unclassified Mycobacteria Isolated from Human Sputa. Tuberc Respir Dis 1970;17:33-42.
- Shin S, Kim EC, Yoon JH. Identification of nontuberculous mycobacteria by sequence analysis of the 16S ribosomal RNA, the heat-shock protein 65 and the RNA polymerase β -subunit genes. Korean J Lab Med 2006;26:153-60.
- Lee HW, Kim MN, Shim TS, Bai GH, Pai CH. Nontuberculous mycobacterial pulmonary infection in immunocompetent patients. Tuberc Respir Dis 2002;53:173-82.
- Jeong J, Kim SR, Chang CL, Lee SH. Distribution and clinical significance of Nontuberculous mycobacteria identified by High Performance Liquid Chromatography in clinical specimens. Korean J Clin Microbiol 2008;11:34-42.
- SW R, S S, MS S, YS P, WJ L, SN P, et al. Spread of nontuberculous mycobacteria from 1993 to 2006 in Koreans. J Clin Lab Anal 2008;22:415-20.
- Lee HW, Kim MN, Shim TS, Bae GH, Pai CH. Nontuberculous mycobacterial pulmonary infection in immunocompetent patients. Tuberc Respir Dis 2002;53:173-82.
- Kim EK, Shim TS, Lim CM, Lee SD, Koh Y, Kim WS. Clinical manifestations of pulmonary infection due to rapidly growing nontuberculous mycobacteria. Tuberc Respir Dis 2003;54: 283-94.