Annual Report on the External Quality Assessment Scheme for Clinical Microbiology in Korea (2015)

Jeonghyun Chang¹, Mi-Na Kim¹, Eui Chong Kim², Jong Hee Shin³, Nam Yong Lee⁴, Sunjoo Kim⁵, Seok Hoon Jeong⁶, Jae-Seok Kim⁷, Chang Ki Kim⁸, Hye Gyung Bae⁹, Nam Surp Yoon¹, Se Ik Joo², Dong Joon Song⁴, Keonhan Kim⁶, Tae Jeon Jeong¹⁰, and Jin Heo¹¹, as the Clinical Microbiology Subcommittee, Korean Association of External Quality Assessment Service

¹Department of Laboratory Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine;

²Department of Laboratory Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul;

³Department of Laboratory Medicine, Chonnam National University Hospital, Chonnam National University Medical School, Gwangju;

⁴Department of Laboratory Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul;

⁵Department of Laboratory Medicine, Kyungsang National University Hospital, Kyungsang National University School of Medicine, Jinju;

⁶Department of Laboratory Medicine, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine;

⁷Department of Laboratory Medicine, Kangdong Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Seoul;

⁸Department of Laboratory Medicine, Korean Institute of Tuberculosis, Cheongju;

⁹Department of Laboratory Medicine, Greencross Reference Laboratory, Yonjin;

¹⁰Department of Laboratory Medicine, Kosin University Gospel Hospital, Busan;

¹¹Department of Laboratory Medicine, Korea University Ansan Hospital, Ansan, Korea

Corresponding author:

Mi-Na Kim

Department of Laboratory Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center, 88 Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Korea
Tel: +82-2-3010-4511
Fax: +82-2-478-0884
E-mail: mnkim@amc.seoul.kr
pISSN: 2384-2458
eISSN: 2288-7261

Annual proficiency surveys were conducted in March, June, and September in 2015 by the Clinical Microbiology Subcommittee of the Korean Association of External Quality Assessment Service. The program covers the sections of bacteriology, advanced bacteriology and mycology, mycobacteriology, and parasitology. Each trial was composed of three sets of different combinations of five bacteria and yeasts. These sets were distributed among laboratories for Gram staining, culture, identification, and antimicrobial susceptibility tests. Five slides with fixed sputum smears were provided as part of each trial for acid-fast bacilli detection. The survey material distribution was section-based. Two survey materials were provided in each trial, while five specimens for mycobacterial culture and identification, five specimens for anti-tuberculosis susceptibility testing and two *Mycobacterium tuberculosis* strains for rapid detection of rifampin and isoniazid resistance were distributed in the March and June trials. Five virtual microscopy files for stool parasite examination were availed by registered participants in the June trial. Out of the 334 enrolled laboratories, 328 (98.2%), 328 (98.2%), and 329 (98.5%) submitted responses in trials I, II, and III, respectively. Identification of bacteria, namely, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pneumoniae*, and *Vibrio fluvialis* by more than 95% of participants was acceptable. Surveillance cultures for vancomycin-resistant enterococci and carbapenem-resistant Enterobacteriaceae were determined accurately by 75.8%–85.3% and 93.1% of the respondents, respectively. Species-level identification of *Candida krusei*, *Candida lusitanae*, and *Candida guilliermondii* was still low at 79.8%, 55.7%, and 42.7%, respectively. Disk diffusion method revealed an unacceptably high false-positive rate of resistance to glycopeptides in *E. faecalis* and to trimethoprim-sulfamethoxazole in *S. pneumoniae*. Advanced bacteriology trials revealed unsatisfactory results for species-level identification of moulds. Mycobacterial culture, identification and susceptibility testing, and molecular detection of rifampin and isoniazid resistance were performed exceedingly well by participants. *Hymenolepis diminuta* could not be identified by participants, with a correct answer rate of only 46.5% and ‘no parasite seen’ answer rate of only 31.8% for negative specimens. Species-level identification of *Candida* and moulds was challenging for clinical microbiology laboratories. Disk diffusion method was found to be problematic in testing the susceptibility of microorganisms to glycopeptides and trimethoprim-sulfamethoxazole. Improvement is required in result interpretation of negative specimens in parasitology.

(J Lab Med Qual Assur 2016;38:169-193)

Key Words: Quality control, Parasitology, Bacteriology, Microbiology, Mycobacterium, Antimicrobial susceptibility

서론

대한임상검사정도관리협회 임상미생물학분과는 전체 분과 신빙도조사 참여기관들을 대상으로 그람염색, 항산균염색, 세균 배양동정과 감수성검사에 관한 신빙도조사 기본 모듈을 실시하고, 자발적인 참여신청기관을 대상으로 항산균배양 및 동정, 항결핵제 감수성검사, 항결핵제 신속내성검사, 까다로운 세균, 혐기성 세균, 미호기성 세균, 털곰팡이류 등을 포함하는 심화세균배양과 동정검사, 기생충 등 다섯 가지 선택 모듈의 신빙도조사를 제공하고 있다.

대한임상검사정도관리협회 임상미생물학분과는 국내 임상미생물검사실의 수준이 발전하는 데 따라 모든 항목들에 대해 종합적인 신빙도조사 프로그램을 제공하는 것을 목표로 지난 10년간 모듈을 확대해왔지만, 국제적인 신빙도조사사업[1-3]에 비교해서 아직 미흡한 부분이 있다. 특히 선택 모듈은 신빙도조사 횟수나 검체 수와 다양성 면에서 지속적인 개선이 필요하다. 또한 임상미생물학 분야에서 가장 새롭고 빠르게 발전하고 있는 바이러스 배양, 항원, 항체검사와 감염분자진단 분야에 대한 신빙도조사가 실시된 적이 없어서 이를 위한 모듈 개발이 시급하다. 2015년에도 카바페넴 내성검출 등 항균제 감수성검사 분야의 판독기준이 업데이트된 것과 특이적인 검사법을[4-6] 반영할 수 있는 다양한 시도를 하였다.

이 논문에서 2015년 임상미생물학분과 신빙도조사의 각 모듈별 결과를 종합적으로 분석하고, 질 관리수준, 문제점 분석, 향상방안 등을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 신빙도조사 방법

2015년 신빙도조사사업은 3, 6, 9월에 걸쳐 3회 검체를 발송했으며, 그람염색, 항산균염색, 일반세균의 배양, 동정, 감수성검사는 다섯 검체씩 모든 참여기관에 배부하였다. 항산균염색용 슬라이드는 대한결핵연구원에서 객담검체에 항산균을 정량결과 기대치에 따라 배합한 후 멸균처리하여 유리슬라이드에 도말을 하여 다섯 검체씩 배부하였다. 그람염색, 일반세균의 배양, 동정, 감수성검사에서 검체는 생균을 이용하여 Amies 운송배지(Copan Italia, Bovezzo, Italy)에 담긴 면봉 검체를 다섯 개씩 만들었고, 임상 검체를 가상하여 가상환자의 임상적인 배경을 제시하였고, 다양한 검체와 임상상황을 조건으로 임상적으로 의미 있는 수준의 배양과 동정을 하도록 요구하였다. 각 생균 검체는 Amies 운송배지에서 생존능을 실온에서 1주일간 매일 계대배양하여 검증하였다. 항균제 감수성검사 또한

균종과 검체에 따라 적절하게 선택하고, 판독하는지 검증하고자 하였다. 각 차수에 일반세균검사 분야는 기관별로 다섯 가지의 균주를 한 세트로 배부하였으며, 3가지 세트를 준비하여 한 세트가 참여기관 삼분의 일 정도씩 배부되도록 무작위로 배정하였다. 특수세균, 항산균 배양과 동정, 항결핵제 감수성검사, 결핵 신속내성검사 등 네 가지 모듈은 참여를 신청한 기관에 배부하였다. 특수세균 분야는 까다로운 세균, 혐기성 세균, 미호기성 세균, 털곰팡이류 진균 등 난이도가 높은 균주를 각 차수별로 2개씩 구성하여 참여를 신청한 기관에 배부하였다. Amies 운송배지로 생존능을 만족할 만큼 유지할 수 없을 때는 냉동동결건조를 하여 배부하였다. 항산균 배양과 동정, 항결핵제 감수성검사, 결핵 신속내성검사에 대한 검체는 각각 5, 5, 2개씩 대한결핵연구원서 생균상태로 준비하였다. 기생충학은 5개의 대변 검체를 포르말린-에테르법으로 전처리하여 제작한 슬라이드를 가상현미경으로 스캔한 파일을 온라인에 업로드해서 참가기관에서 신빙도조사 결과입력 사이트에서 접속하여 판독하도록 하였다. 모든 신청과 결과입력, 결과판정 등은 대한임상검사정도관리협회 홈페이지에 구축된 임상미생물학분과 신빙도조사 프로그램(<http://keqas.org/>)을 이용하였다.

2. 관리물질

그람염색, 세균배양 동정, 감수성검사는 1차는 M1501-M1505, 2차 M1511-M1515, 3차 M1521-M1525 등 5개씩 검체를 준비하였고, M1501, M1503, M1521 등은 각 2종류의 검체를 준비하여 A, B, C 3가지 세트를 구성하여 각 세트별 삼분의 일 정도의 기관이 포함되도록 무작위 배정하였다. 모든 시도에서 5개의 일반배양 검체는 그람염색, 배양과 동정을 실시하고, 각 회차의 앞 번호 두 개의 검체에 대해 항균제 감수성검사를 같이 실시하도록 하였다. 모든 세균과 진균은 서울아산병원 진단검사의학과에서 배양된 임상분리주들이었다. 세균은 혈액한천배지 또는 초콜렛 한천배지에 키우고, 진균은 SDA (sialodacryoadenitis virus) 한천배지에 키워서 얻은 집락을 배부하여 검사하도록 하였다. 모든 검체는 운송을 위해 Agar Gel Amies without Charcoal Bacteriology Transport Swab (Copan Italia) 또는 Agar Gel Amies with Charcoal Bacteriology Transport Swab (Copan Italia)에 면봉 도말 검체상태로 운송하였다. 특수세균 분야는 1차 S1501, S1502, 2차 S1503, S1504, 3차 S1505, S1506 등 2개씩 구성하여 Amies 운송배지에 도말 검체상태로 운송하거나, Amies 운송배지로 생존능을 만족할 만큼 유지할 수 없을 때는 냉동동결건조를 하여 배부하였다. 감염성 검체의 안전한 운송과 생존능

보존을 위해 모든 검체는 녹십자임상검사센터와 서울임상검사센터와 계약해서 두 검사센터의 임상 검체 배송시스템을 통해 전국 참여기관에 다음날까지 배송하도록 하였다.

항산균도말은 1차 M1506-M1510, 2차 M1516-M1520, 3차 M1526-M1530 등 5개씩 도말 검체를 배부하였고, 항산균 배양과 동정 검체는 1, 2차에 T1501-T1505, T1511-T1515 각 5개씩 생균을 배합한 객담 검체를 배부하였고, 항결핵제 감수성 검사용으로 1, 2차에 T1506-T1510, T1516-T1520, 각 5개씩 Ogawa 배지(Union Lab, Seoul, Korea)에 자란 집락을 배부하였고, 결핵 신속내성검사용으로 1차에 R1501, R1502, 2차에 R1503, R1504 각 2개씩 생균을 배합한 객담 검체를 배부하였다.

기생충학은 대변 기생충 검사 도말 슬라이드 5개를 400배 배율까지 스캔하여 P1501-P1505까지 가상현미경프로그램에 등록하였다. 각 참여기관은 이 프로그램을 결과입력 사이트를 통해 접속할 수 있도록 하였다.

3. 결과 판정 및 해석

그람염색과 항산균염색은 검체당 2점씩 총 10점을 배점하여 평가하였다. 항산균염색은 음성은 음성만을 정답 처리한 반면, 양성에는 정량값을 3단계씩 묶었을 때 90% 이상의 검사실이 포함되는 3단계를 모두 정답으로 처리하였다. 검체를 배부할 때 검체종류, 검사항목, 결과 판정기준을 제시하였다. 균종 동정은 종수준까지 맞는 경우를 '우수(good)'로, 임상적으로 속수준의 동정이 의미가 있다면 속수준까지 맞는 경우를 '적절(acceptable)'하다고 판정하였다. 이 기준에 맞지 않은 답을 하거나 답하지 않은 경우 '부적절(not acceptable)'로 판정하였다. 항균제 감수성검사는 균종별로 2014년 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) M100-S24의 기준 [7]에 따라 판정했으며, 가상 검체의 종류에 따라 기준을 달리 적용하여 해석하였다. 감수성검사 방법을 잘못 적용하였거나 감수성검사 결과판독이 틀린 경우와 필수적인 항균제에 대해 검사하지 않았거나 보고하지 않도록 권하는 항균제를 결과에 포함시킨 경우 각 0.5점씩 감점하였다. 15기관 이상에서 감수성검사를 보고한 항균제에 대해서만 평가를 하였고, 전체 기관의 결과 값의 일치도가 85%에 미달이면 판정을 보류하였지만, 참고방법으로 확인검사를 통해 정답을 판단할 수 있으면 평가하였다. 균배양검사를 하지 않거나 배양에 실패한 경우는 감수성검사 배정점수를 총점에서 제외하였다. 동정검사는 각 8점, 항균제 감수성검사는 두 검체에 대해서 각 20점을 기준으로 하였다. 항산균 배양과 동정, 항결핵제 감수성검사, 결핵 신속내성검사는 각각 100점씩 배점하여 평가하였다. 항산균염색

까지만 하고 동정을 하지 않는 기관은 항산균 검출 여부로 평가를 했으며, 동정을 하는 기관들에 대해서는 결핵과 비결핵항산균으로 동정하는 수준까지를 적절로 해서 결핵을 비결핵으로 동정하거나 비결핵을 결핵으로 동정하면 부적절로 평가했다. 종수준 동정이 맞으면 우수로 평가했다. 2015년부터는 기생충학 모듈에 대해 세균동정과 동일한 기준에 따라 평가하였다. 특수세균 모듈은 기관별 평가 없이 해석적 보고만 하였다.

결과

2015년 임상미생물학분과 신병도조사 참여기관은 334기관이었고, 이 중 1차에서 328기관(98.2%), 2차에서 328기관(98.2%), 3차에서 329기관(98.5%)이 회신하였다. 다른 일반 세균 검체는 균배양 실패가 매우 드물었고, S1505 *Aerococcus urinae*만 2기관에서 배양실패를 답해서 전반적으로 다른 조사항목은 생존능이 잘 유지되었던 것으로 추정하였다. 항산균배양 및 동정은 1, 2차 90기관이 신청하였고, 항결핵제 감수성검사 7기관, 결핵균 신속내성검사는 32, 31기관이 참여하였다. 액체배지 배양기관은 응답한 90기관 중 66곳이고 고체배지를 병용하는 기관이 55곳이었다. 특수세균은 1차 96, 2차 97, 3차 93기관이 신청하였다. 기생충검사는 132기관이 신청하였다. 특수세균 모듈 중 S1505 *Fusobacterium nucleatum*을 키워서 보고한 기관은 14기관에 불과하였고, 다음으로 *Campylobacter jejuni* 46기관이 배양실패를 했다. S1501 *Cunninghamella* sp. 2곳 S1503 *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* 20곳이 배양실패하였다.

1. 그람염색과 항산균 염색

1, 2, 3차 모두에서 그람염색은 90% 이상, 항산균염색은 95% 이상의 기관들이 정답을 보고하였다(Fig. 1). 그람염색은 사무적인 입력오류가 항상 비슷한 비율로 반복되어 차수와 상관없이 비슷한 점수분포를 보였다.

2. 세균동정검사

1차는 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Candida krusei*, *Candida lusitanae*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Pseudomonas putida* 균종 동정결과의 적절%(우수%)는 99.5 (99.5), 98.5 (98.5), 97.7 (94.7), 95.7 (79.8), 98.0 (91.6)으로 모든 균종의 동정 정확도가 90% 이상으로 높았다. 2차는 M1511 *Streptococcus mitis*, M1512 *Pseudomonas aeruginosa*, M1514 *Moraxella catarrhalis*, M1515 *A. urinae* 종수준 동정률은 95.8%,

Fig. 1. Score distribution of participating laboratories for the first, second, and third trials of Gram staining, bacterial culture, identification and susceptibility test, and acid fast bacilli detection of samples.

98.8%, 92.1%, 95.1%로 비교적 높았다. M1513은 vancomycin resistant enterococci (VRE) isolated로 보고한 기관이 75.8%에 불과하고 VRE not isolated가 20.7%였던 것은 대변 상재균으로 혼합시킨 반코마이신 감수성 *E. faecalis*를 분리동정해서 보고한 것으로 VRE 감시배양의 높은 오답률을 초래하였다. M1521 A, C set의 *E. coli*, M1521 B set의 *Enterobacter cloacae*, M1522 *Streptococcus pneumoniae*, M1523 *Candida guilliermondii*, M1524 A, B set의 carbapenem resistant *K. pneumoniae*, C set의 carbapenem susceptible *K. pneumoniae*, M1525 *Vibrio fluvialis* 적절%(우수)%가 100.0% (100.0%), 93.44% (93.4%), 97.3% (97.3%), 99.6% (42.9%), 85.3% (85.3%), 93.1% (93.1%), 92.2% (89.5%)였다. M1501, M1521 검체에 대해 다른 세트의 정답인 *E. coli*로 보고한 기관이 1, 4곳이 있고, M1503에서 *C. lusitaniae* 대신 다른 세트의 정답인 *C. krusei*로 보고한 기관이 4곳이 있어서 여전히 다른 기관과 검사결과를 공유하는 곳이 있다고 추정되었다(Table 1).

3. 특수세균검사

특수세균으로 S1501 *Cunninghamella* sp.의 속수준 동정률은 80.4%였고, S1502 *Prevotella intermedia*, S1503 *A. actinomycetemcomitans*, S1504 *C. jejuni*, S1505 *F. nucleatum*의 종수준 동정률은 80.2%, 87.1%, 78.6%, 50.0%였다. S1506 *Rhizopus oryzae*는 종수준 동정률은 낮았으나 속수준은 83.7% 정도였다(Table 2).

4. 항균제 감수성검사

M1501 *E. coli*는 extended-spectrum β -lactamase (ESBL) 양성으로 ESBL 확인검사를 해서 입력한 135개 기관 모두 양성으로 판독하여 100% 정답률을 보였으나, CLSI 지침이 ESBL검사를 반드시 하도록 권장하지 않고 있어서 평가는 분류하였다. ESBL 양성균주의 특성상 β -lactam 감수성 결과가 기관 간에 일치도가 낮았다. 이 균주는 3세대 cephalosporins인 cefotaxime과 ceftazidime, 그리고 aztreonam, cefepime까지 내성(resistant, R)인 반면, ertapenem, imipenem, meropenem에 감수성(susceptible, S)인데, piperacillin/tazobactam, amoxicillin/clavulanic acid에 대한 감수성은 디스크확산법이나 희석법에서 중등도감수성(intermediate, I)이라고 답한 기관이 상당수 있었다. S, R이 섞여 있어서 정답을 선정할 수 없었던 것은 ESBL 양성이기 때문으로 판단하고 amoxicillin/clavulanic acid는 I/R을 정답으로 처리했고, piperacillin/tazobactam은 판정을 보류하였다. Cefoxitin 최소억제농도(minimal inhibitory concentration, MIC) 판독이 Vitek2 (bioMerieux SA, Marcy l'Etoile, France) 사용기관은 32 μ g/mL 이상으로 R로 보고한 반면 MicroScan (Beckman Coulter, Brea, CA, USA) 사용기관은 8 μ g/mL 이하로 S라고 보고하여 상반된 결과를 보였다. 디스크확산법 직경은 18 mm로 S 판독기준이 18 μ g/mL 이하인 것으로 볼 때 MIC 값이 판독기준에 가깝게 분포하고 있어서 오류가 많았던 것으로 추정되었다. 따라서 cefoxitin도 평가에서 제외하였다. ESBL 확인검사결과에 따라 cefepime 판독을 R로 변경한 기관들은 적절하다고 평가했다. Ciprofloxacin, levofloxacin MIC 결과도 방법 간 일치도가 떨어졌는데 디스크확산법은 S/I로 희석법은 I/R로 수렴하는 양상이었다. 이는 ciprofloxacin MIC 2 μ g/mL으로 I에 해당하는 균주였기 때문으로 추정되었다(Table 3).

*K. pneumoniae*는 plasmid mediated AmpC β -lactamase를 가지고 있지만, ESBL은 음성인데도 26곳의 Vitek2 사용기관들이 ESBL 양성으로 보고했다. 이 균주는 MicroScan은 unconfirmed ESBL로 판독해서 확인검사가 필요함을 경고하는데 비해 Vitek2는 양성으로 판독한다. *E. coli*와 마찬가지로 ESBL 입력기관들에 대한 평가는 실시하지 않았지만, ESBL 양성결과에 따라 cefepime을 R로 정정 보고한 기관들은 부적절하다고 평가하여 감점하였다. AmpC β -lactamase에 의한 내성기전으로 3세대 cephalosporin, β -lactam/ β -lactamase에 일관된 내성을 보여서 cefepime을 제외하고는 감수성검사 판독 정확도가 매우 높았다(Table 4).

E. faecalis 균주를 디스크확산법으로 감수성검사를 한 기

Table 1. General bacteriology: performance of laboratories in species-level identification

Survey no. (no. of lab.)	Organisms identified with good accuracy	No. (%)	Organisms identified with acceptable accuracy	No. (%)	Organisms identified with unacceptable accuracy	No. (%)
M1501-A, B (195)	<i>Escherichia coli</i>	195 (99.5)			No response	1 (0.5)
	Subtotal	195 (99.5)	Subtotal	0	Subtotal	1 (0.5)
M1501-C (66)	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	65 (98.5)			<i>Escherichia coli</i>	1 (1.5)
	Subtotal	65 (98.5)	Subtotal	0	Subtotal	1 (1.5)
M1502 (262)	<i>Enterococcus faecalis</i>	248 (94.7)	<i>Enterococcus faecium</i>	3 (1.1)	<i>Haemophilus parainfluenzae</i>	1 (0.4)
			<i>Enterococcus</i> sp.	5 (1.9)	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	1 (0.4)
					<i>Staphylococcus</i> , coagulase negative	1 (0.4)
					No response	3 (1.1)
	Subtotal	248 (94.7)	Subtotal	8 (3.0)	Subtotal	6 (2.3)
M1503-A, C (183)	<i>Candida krusei</i>	146 (79.8)	Yeast	15 (8.2)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1 (0.5)
			<i>Candida</i> not <i>albicans</i>	8 (4.4)	<i>Acinetobacter baumannii</i>	1 (0.5)
			<i>Candida</i> sp.	6 (3.3)	No response	6 (3.3)
	Subtotal	146 (79.8)	Subtotal	29 (15.9)	Subtotal	8 (4.3)
M1503-B (79)	<i>Candida lusitanae</i>	44 (55.7)	<i>Candida</i> sp.	10 (12.7)	<i>Candida krusei</i>	4 (5.1)
			Yeast	11 (13.9)	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	1 (1.3)
			<i>Candida</i> , not <i>albicans</i>	3 (3.8)	No response	5 (6.3)
			<i>Candida famata</i>	1 (1.3)		
	Subtotal	44 (55.7)	Subtotal	25 (31.7)	Subtotal	10 (12.7)
M1504 (262)	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	246 (93.9)			<i>Staphylococcus</i> , coagulase negative	5 (1.9)
					<i>Staphylococcus aureus</i>	5 (1.9)
					<i>Staphylococcus xylosus</i>	2 (0.8)
					<i>Candida</i> sp.	1 (0.4)
					<i>Staphylococcus simulans</i>	1 (0.4)
					<i>Staphylococcus</i> not <i>aureus</i>	1 (0.4)
					No response	1 (0.4)
	Subtotal	246 (93.9)	Subtotal	0	Subtotal	16 (6.2)
M1505 (262)	<i>Pseudomonas putida</i>	240 (91.6)	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	11 (4.2)	<i>Acinetobacter baumannii</i>	3 (1.1)
			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3 (1.1)	<i>Chryseomonas luteola</i>	1 (0.4)
			<i>Pseudomonas</i> sp.	3 (1.1)	No response	1 (0.4)
	Subtotal	240 (91.6)	Subtotal	17 (6.4)	Subtotal	5 (1.9)
M1511 (240)	<i>Streptococcus mitis</i>	76 (31.7)	Viridans streptococci	23 (9.6)	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	3 (1.3)
	<i>Streptococcus mitis</i> group	54 (22.5)	<i>Streptococcus</i> sp.	8 (3.3)	<i>Gemella</i> sp.	2 (0.8)
	<i>Streptococcus oralis</i>	69 (28.8)			<i>Enterococcus</i> sp.	1 (0.4)

(Continued to the next page)

Table 1. Continued

Survey no. (no. of lab.)	Organisms identified with good accuracy	No. (%)	Organisms identified with acceptable accuracy	No. (%)	Organisms identified with unacceptable accuracy	No. (%)
					<i>Staphylococcus</i> , coagulase negative	1 (0.4)
					<i>Staphylococcus anginosus</i>	1 (0.4)
					<i>Streptococcus</i> , NVS	1 (0.4)
					<i>Aerococcus urinae</i>	1 (0.4)
	Subtotal	199 (82.9)	Subtotal	31 (12.9)	Subtotal	10 (4.2)
M1512 (256)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	253 (98.8)			<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1 (0.4)
					<i>Flavimonas oryzihabitans</i>	1 (0.4)
					No response	1 (0.4)
	Subtotal	253 (98.8)	Subtotal	0	Subtotal	3 (1.2)
M1513 (256)	Isolated VRE	194 (75.8)			Not isolated VRE	53 (20.7)
					<i>Enterococcus faecalis</i>	6 (2.3)
					<i>Enterococcus faecium</i>	2 (0.8)
					<i>Enterococcus</i> sp.	1 (0.4)
	Subtotal	194 (75.8)	Subtotal	0	Subtotal	62 (24.2)
M1514 (251)	<i>Moraxella catarrhalis</i>	201 (80.1)	<i>Moraxella</i> sp.	28 (11.2)	<i>Staphylococcus auricularis</i>	4 (1.6)
			Unidentified gram-negative cocci	2 (0.8)	<i>Granulicatella elegans</i>	3 (1.2)
					<i>Neisseria</i> sp.	3 (1.2)
					<i>Micrococcus</i> sp.	2 (0.8)
					<i>Acinetobacter lwoffii</i>	1 (0.4)
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1 (0.4)
					<i>Enterococcus faecium</i>	1 (0.4)
					<i>Klebsiella oxytoca</i>	1 (0.4)
					<i>Staphylococcus</i> , coagulase-negative	1 (0.4)
					No response	3 (1.2)
	Subtotal	201 (80.1)	Subtotal	30 (12.0)	Subtotal	20 (8.0)
M1515 (246)	<i>Aerococcus urinae</i>	228 (92.7)	<i>Aerococcus</i> sp.	4 (1.6)	<i>Streptococcus</i> sp.	4 (1.6)
			<i>Aerococcus viridans</i>	2 (0.8)	<i>Enterococcus faecalis</i>	1 (0.4)
					<i>Enterococcus faecium</i>	1 (0.4)
					<i>Enterococcus</i> sp.	1 (0.4)
					<i>Streptococcus agalactiae</i>	1 (0.4)
					<i>Streptococcus mitis</i>	1 (0.4)
					<i>Granulicatella adiacens</i>	1 (0.4)
					<i>Corynebacterium</i> sp.	1 (0.4)
					<i>Staphylococcus capitis</i>	1 (0.4)
	Subtotal	228 (92.7)	Subtotal	6 (2.4)	Subtotal	12 (4.9)
M1521-A, C (198)	<i>Escherichia coli</i>	198 (100.0)				

(Continued to the next page)

Table 1. Continued

Survey no. (no. of lab.)	Organisms identified with good accuracy	No. (%)	Organisms identified with acceptable accuracy	No. (%)	Organisms identified with unacceptable accuracy	No. (%)
	Subtotal	198 (100.0)	Subtotal	0	Subtotal	0
M1521-B (61)	<i>Enterobacter cloacae</i>	57 (93.4)			<i>Escherichia coli</i>	4 (6.6)
	Subtotal	57 (93.4)	Subtotal	0	Subtotal	4 (6.6)
M1522 (258)	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	251 (97.3)			<i>Streptococcus</i> sp.	2 (0.8)
					<i>Streptococcus suis</i>	1 (0.4)
					<i>Streptococcus anginosus</i> group	1 (0.4)
					<i>Staphylococcus hominis</i>	1 (0.4)
					<i>Enterococcus</i> sp.	1 (0.4)
					No response	1 (0.4)
	Subtotal	251 (97.3)	Subtotal	0	Subtotal	7 (2.7)
M1523 (254)	<i>Candida guilliermondii</i>	109 (42.9)	<i>Candida famata</i>	70 (27.6)	No response	1 (0.4)
			<i>Candida</i> sp., not albicans	21 (8.3)		
			<i>Candida</i> sp.	21 (8.3)		
			<i>Candida glabrata</i>	1 (0.4)		
			<i>Candida parapsilosis</i>	1 (0.4)		
			Yeast-like organism/yeast	30 (11.8)		
	Subtotal	109 (42.9)	Subtotal	144 (56.7)	Subtotal	1 (0.4)
M1524-A, B (143)	Isolated CRE	122 (85.3)			Not isolated CRE	12 (8.4)
					<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7 (4.9)
					No response	2 (1.4)
	Subtotal	122 (85.3)	Subtotal	0	Subtotal	21 (14.7)
M1523-C (116)	Not isolated CRE	108 (93.1)			<i>Klebsiella pneumoniae</i>	4 (3.4)
					Isolated CRE	3 (2.6)
					Not isolated VRE	1 (0.9)
	Subtotal	108 (93.1)	Subtotal	0	Subtotal	8 (6.9)
M1525 (258)	<i>Vibrio fluvialis</i>	231 (89.5)	<i>Vibrio</i> sp.	7 (2.7)	<i>Aeromonas hydrophila</i>	9 (3.5)
					<i>Aeromonas</i> sp.	3 (1.2)
					<i>Aeromonas hydrophila</i> complex (<i>A. bestiarum</i> , <i>A. hydrophila</i> , <i>A. salmonicida</i>)	2 (0.8)
					<i>Aeromonas caviae</i>	1 (0.4)
					<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2 (0.8)
					<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1 (0.4)
					<i>Pasteurella</i> sp.	2 (0.8)
	Subtotal	231 (89.5)	Subtotal	7 (2.7)	Subtotal	20 (7.8)

Abbreviations: NVS, nutritionally variant streptococci; VRE, vancomycin-resistant enterococci; CRE, carbapenem-resistant Enterobacteriaceae.

Table 2. Advanced bacteriology: performance of laboratories in species-level identification

Survey no. (no. of lab.)	Organisms (species level)	No. of lab. (%)	Organisms (genus level)	No. of lab. (%)	Others	No. of lab. (%)
S1501 (92)	<i>Cunninghamella bertholletiae</i>	0	<i>Cunninghamella</i> sp.	74 (80.4)	Mucor sp.	7 (7.6)
					Zygomycete, presumptive identification	3 (3.3)
					Rhizopus sp.	2 (2.2)
					<i>Lichtheimia</i> (<i>Absidia</i> , <i>Mycocladius</i>) sp.	1 (1.1)
					<i>Syncephalastrum</i> sp.	1 (1.1)
					<i>Histoplasma capsulatum</i>	1 (1.1)
					<i>Cryptococcus laurentii</i>	1 (1.1)
					<i>Aspergillus fumigatus</i>	1 (1.1)
					<i>Prevotella disiens</i>	1(1.1)
	Subtotal	0	Subtotal	74 (80.4)	Subtotal	18 (19.6)
S1502 (86)	<i>Prevotella intermedia</i>	69 (80.2)	<i>Prevotella</i> sp.	2 (2.3)	<i>Prevotella disiens</i>	6 (7.0)
					<i>Cunninghamella</i> sp.	2 (2.3)
					<i>Clostridium</i> sp.	2 (2.3)
					<i>Veillonella</i> sp.	1 (1.2)
					<i>Bacteroides fragilis</i> group	1 (1.2)
					<i>Gardnerella vaginalis</i>	1 (1.2)
					<i>Bacteroides thetaiotaomicron</i>	1 (1.2)
					<i>Ralstonia pickettii</i>	1 (1.2)
	Subtotal	69 (80.2)	Subtotal	2 (2.3)	Subtotal	15 (17.4)
S1503 (70)	<i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i>	61 (87.1)			<i>Veillonella</i> sp.	3 (4.3)
					<i>Comamonas</i> sp.	1 (1.4)
					<i>Enterococcus faecalis</i>	1 (1.4)
					<i>Haemophilus influenzae</i>	1 (1.4)
					<i>Haemophilus</i> sp.	1 (1.4)
					Non-fermenting gram negative rods	1 (1.4)
					<i>Peptoniphilus asaccharolyticus</i>	1 (1.4)
	Subtotal	61 (87.1)	Subtotal	0	Subtotal	9 (12.9)
S1504 (42)	<i>Campylobacter jejuni</i>	33 (78.6)	<i>Campylobacter</i> sp.	6 (14.3)	<i>Alloiococcus otitidis</i>	1 (2.4)
					<i>Clostridium</i> sp.	1 (2.4)
					<i>Corynebacterium jeikeium</i>	1 (2.4)
	Subtotal	33 (78.6)	Subtotal	6 (14.3)	Subtotal	3 (7.1)
S1505 (22)	<i>Fusobacterium nucleatum</i>	11 (50.0)	<i>Fusobacterium</i> sp.	3 (13.6)	<i>Clostridium</i> sp. not perfringens	1 (4.5)
					<i>Fusobacterium necrophorum</i>	1 (4.5)

(Continued to the next page)

Table 2. Continued

Survey no. (no. of lab.)	Organisms (species level)	No. of lab. (%)	Organisms (genus level)	No. of lab. (%)	Others	No. of lab. (%)
					<i>Peptoniphilus</i> (<i>Peptostreptococcus</i>) <i>asaccharolyticus</i>	1 (4.5)
					<i>Propionibacterium acnes</i>	1 (4.5)
					<i>Ralstonia pickettii</i>	1 (4.5)
					<i>Ralstonia</i> sp.	1 (4.5)
					<i>Staphylococcus aureus</i>	1 (4.5)
					<i>Veillonella</i> sp.	1 (4.5)
	Subtotal	11 (50.0)	Subtotal	3 (13.6)	Subtotal	8 (36.4)
S1506 (92)	<i>Rhizopus oryzae</i>	6 (6.5)	<i>Rhizopus</i> sp.	71 (77.2)	<i>Mucor</i> sp.	5 (5.4)
					<i>Rhizomucor</i> sp.	3 (3.3)
					<i>Cunninghamella</i> sp.	1 (1.1)
					<i>Lichtheimia</i> (<i>Absidia</i> , <i>Mycocladius</i>) sp.	1 (1.1)
					<i>Trichophyton</i> sp.	1 (1.1)
					<i>Vibrio fluvialis</i>	1 (1.1)
					Zygomycete, presumptive identification	1 (1.1)
					Mold, sent to reference lab for identification	2 (2.2)
	Subtotal	6 (6.5)	Subtotal	71 (77.2)	Subtotal	15 (16.3)

관들은 ciprofloxacin, erythromycin, linezolid, penicillin, teicoplanin, vancomycin 등 다수의 항균제에 대해 오답률이 높았다(Table 5). *Streptococcus oralis*/*S. mitis* group 균주에 대해 MIC법 사용기관에서 β -lactam 항균제의 감수성검사 일치도는 매우 우수하였지만, 디스크확산법을 사용한 기관에서는 cefotaxime은 84%만 S로 보고했고, penicillin은 11기관 중 9곳(81.8%)이 S라고 보고하여 디스크확산법은 부정확하며, 특히 penicillin 감수성검사에는 사용해서는 안 된다는 것을 시사한다. Levofloxacin은 MIC법, 디스크확산법 모두 일치율이 매우 낮았는데, S로 답한 기관이 우세하였고, CLSI 디스크확산법으로 확인했을 때 억제대 19 mm로 S여서 S를 정답으로 평가하였다. 디스크확산법에서 I로 보고한 기관은 각각 13, 16 mm의 억제대 직경을 입력하여 CLSI의 I 판독기준이 14-16 mm인데 비해 R인 값을 I로 판독한 기관이 있다. MIC법에서 I로 답한 기관은 총 13기관이 있었고 이들 중 Vitek2 장비로 검사한 기관이 12기관, 무응답 1기관으로 MIC는 4 μ g/mL로 입력하였다(Table 6).

M1512 *P. aeruginosa*는 β -lactam계 항균제에 대해 심각한 불일치를 보여서 meropenem, piperacillin, piperacillin/tazobactam 감수성 결과는 참여기관들의 일치율이 85% 미만으로 평가에서 제외하였다. 이 균주의 CLSI 디스크확산법으로 확인한 imipenem, meropenem 억제대 직경이 13, 16 mm

로 R, I에 해당한다. 따라서 MIC법에서 imipenem은 R로 보고한 기관이 98.5%로 높은 정답률을 보인 반면 meropenem은 I로 보고한 기관이 59.3%로 과반수를 차지하지만, S, R로 보고한 기관이 18.1%, 22.5%씩 있어서 일치도가 매우 낮았다(Table 7). 이런 분포는 Vitek2, MicroScan, Phoenix (Becton Dickinson, Sparks, MD, USA)에서 모두 비슷하였다. Piperacillin/tazobactam 또한 MIC법 실시 기관에서 I, R 결과가 26.8%, 6.7%씩 있었는데 CLSI 디스크확산법 억제대 직경은 22 mm였고, 디스크확산법을 실시한 17기관 중 16기관이 S로 보고하여 디스크확산법이 높은 일치도를 보인다. 상품화된 MIC법 제품 중 Vitek2를 사용한 기관들이 I/R인 MIC 값을 보이고 있어서 99기관 중 35기관이 I, 9기관이 R로 답해서 대오류가 발생하였다(Fig. 2). S라고 답했던 55기관 중 19, 16기관은 MIC 값을 32, 64 μ g/mL로 입력해서 I에 해당하는 데도 S로 판독하여 MIC 기준으로 판정하면 50기관이 I에 해당하는 분포를 보였다.

M1521 *E. coli*, *Enterobacter cloacae*의 항균제 감수성검사의 정확도는 높았다(Tables 8, 9). M1522 *S. pneumoniae*는 trimethoprim-sulfamethoxazole 디스크확산법 감수성검사의 위내성이 62.5%에 달했다(Table 10).

Table 3. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility testing of M1501-A, B *Escherichia coli*

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	21	19	1	1	S	90.5	151	151			S	100.0
Amoxicillin/Clav	10	3	4	3	I/R	70.0	86		14	72	I/R	100.0
Ampicillin	14			14	R	100.0	164		1	163	R	99.4
Ampicillin/Sulb	5			5	R	100.0	19			19	R	100.0
Aztreonam	7	2		5	R	71.4	15			15	R	100.0
Cefaclor	1			1			0					
Cefamandole	2			2			0					
Cefazolin	8			8	R	100.0	147			147	R	100.0
Cefepime	4			4	R	100.0	113		4	109	R	96.5
Cefoperazone	3			3			0					
Cefotaxime	12			12	R	100.0	141			141	R	100.0
Cefotaxime/Clav	0						1	1				
Cefotetan	2	2					0					
Cefoxitin	3	1		2	NA		103	11		92	NA	
Ceftazidime	12	8	2	2	NA		11	2		9	R	81.8
Ceftriaxone	10			10	R	100.0	0					
Cefuroxime	3			3			3			3		
Cephalothin	5			5			0					
Chloramphenicol	1	1					0					
Ciprofloxacin	18	13	4	1	NA		100	1	84	15	NA	
Clinafloxacin	0						1		1			
Ertapenem	1	1			S	100.0	74	74			S	100.0
Gentamicin	18			18	R	100.0	170	1		169	R	99.4
Imipenem	17	17			S	100.0	141	141			S	100.0
Levofloxacin	4	4					27	17	10		NA	
Meropenem	6	6			S	100.0	31	31			S	100.0
Netilmicin	1	1					0					
Piperacillin	5			5	R	100.0	5			5	R	100.0
Piperacillin/Taz	2	2					52	19	29	4	NA	
Rifampin	1			1			0					
Tetracycline	1			1			1			1		
Ticarcillin/Clav	1		1				2		1	1		
Tigecycline	0						2	2				
Tobramycin	7	1		6	R	85.7	28	1	5	22	I/R	96.4
TMP-SMX	11			11	R	100.0	110			110	R	100.0
ESBL	0						135			135	NA	

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistant; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; Cefotaxime/Clav, cefotaxime/clavulanic acid; Piperacillin/Taz, piperacillin/tazobactam; Ticarcillin/Clav, ticarcillin/clavulanic acid; TMP-SMX, trimethoprim-sulfamethoxazole; ESBL, extended spectrum β -lactamase; NA, not applicable.

Table 4. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility testing of M1501-C *Klebsiella pneumoniae*

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	11	11			S	100.0	45	45			S	100.0
Amoxicillin/Clav	3	1		2	R	66.7	22			22	R	100.0
Ampicillin	10			10	R	100.0	49			49	R	100.0
Ampicillin/Sulb	3			3			4			4		
Aztreonam	5			5			4			4		
Cefazolin	2			2	R	100.0	46			46	R	100.0
Cefepime	4	4			NA		22	8		14	S	36.4
Cefotaxime	8			8	R	100.0	42			42	R	100.0
Cefotetan	0						1			1		
Cefoxitin	2			2	R	100.0	27			27	R	100.0
Cefpodoxime	0						1			1		
Ceftazidime	8			8	R	100.0	7			7	R	100.0
Ceftriaxone	6		1	5			0					
Cefuroxime	1			1			2			2		
Cephalothin	2			2			0					
Ciprofloxacin	14	1		13	R	92.9	37			37	R	100.0
Ertapenem	0						7	2		5		
Gentamicin	11	11			S	100.0	47	47			S	100.0
Imipenem	11	11			S	100.0	36	36			S	100.0
Levofloxacin	0						4			4		
Meropenem	3	3			S	100.0	8	8			S	100.0
Netilmicin	1	1					0					
Piperacillin	4			4	R	100.0	7			7	R	100.0
Piperacillin/Taz	2			2	R	100.0	22			22	R	100.0
Tetracycline	1		1				0					
Tobramycin	5	5			S	100.0	8	8			S	100.0
TXP-SMX	6	6			S	100.0	36	36			S	100.0
ESBL	0						27	1		26	NA	

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistant; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; Piperacillin/Taz, piperacillin/tazobactam; TMP-SMX, trimethoprim-sulfamethoxazole; ESBL, extended spectrum β -lactamase; NA, not applicable.

5. 항산균배양 동정, 항결핵제 감수성검사, 결핵 신속내성검사

결핵균배양과 감수성검사 신빙도조사에 참여기관은 총 90 기관으로 2014년에 비해 4기관이 추가되었다. 항산균배양 동정검사에 84기관, 결핵균 약제 감수성검사 7곳, isoniazid, rifampin 유전자 신속내성검사는 32기관이 참여하였다.

결핵균배양검사에 액체배지배양을 하는 기관이 90기관 중 66곳으로 73.3%를 차지하였으며 이 중 고체배지배양을 병용하는 기관이 55곳(61.1%)으로 이는 2014년 81기관 중 액체배

지 사용기관 60곳(75.3%), 이 중 고체배지배양을 병용하는 기관이 43곳(56.6%)이었던 것과 비교하면 액체배지 배양기관 및 액체배지와 고체배지 둘 다를 이용하는 기관 모두 늘었다.

결핵균 검출에 대해서는 매우 우수한 수행능을 보였지만, 결핵균배양에 실패한 기관이 T1504 4기관, 반대로 항산균배양 음성으로 답해야 하는 T1503, T1512에 대해 각 1기관이 결핵균배양 양성으로 보고했다. *Mycobacterium abscessus*, *Mycobacterium intracellulare*, *Mycobacterium kansasii*의

Table 5. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility testing of M1502 *Enterococcus faecalis*

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	2	2					0					
Amoxicillin/Clav	3	3					0					
Ampicillin	27	25		2	S	92.6	216	214		2	S	99.1
Ampicillin/Sulb	3	2		1			15	15				
β-lactamase	0						5	5				
Cefamandole	1		1		IA		0				IA	
Cefazolin	2		1	1	IA		0				IA	
Cefoperazone	1			1	IA		0				IA	
Cefotaxime	2	1		1	IA		0				IA	
Cefoxitin	1			1	IA		0				IA	
Ceftazidime	1			1	IA		0				IA	
Ceftriaxone	2			2	IA		0				IA	
Cephalothin	1			1	IA		0				IA	
Chloramphenicol	6	5		1			1	1				
Ciprofloxacin	11	3	5	3	Urine*		28	27	1		Urine*	
Clindamycin	10			10	IA		5			5	IA	
Daptomycin	0						45	45			S	100.0
Doxycycline	1	1					0					
Erythromycin	18	3	10	5	I	55.6	62		62		I	100.0
Gentamicin	10	6	1	3	IA		0				IA	
Gentamicin-High	6	6			S	100.0	127	127			S	100.0
Imipenem	3	3					7	7				
Isoniazid	1	1					0					
Levofloxacin	6	4		2	Urine*		18	18			Urine*	
Linezolid	7	5		2	S	71.4	208	202	6		S	97.1
Moxifloxacin	0				IA		1	1			IA	
Netilmicin	1	1					0					
Nitrofurantoin	0				Urine*		6	6			Urine*	
Norfloxacin	0				Urine*		4	1	3		Urine*	
Oxacillin	3			3			0					
Oxacillin (Cefoxitin)	1			1			0					
Penicillin G	28	24		4	S	85.7	204	203		1	S	99.5
Quinupristin/Dal	2			2	R	100.0	32			32	R	100.0
Rifampicin	0						2			2		
Rifampin	2	1		1			9		3	6		
Streptomycin	0				IA		2	2			IA	
Streptomycin-High	6	6			S	100.0	121	119		2	S	98.3
Teicoplanin	15	12	2	1	S	80.0	66	66			S	100.0
Tetracycline	8	7		1	Urine*		30	30			Urine*	
Tigecycline	0						6	6				
TMP-SMX	2			2	IA		1			1	IA	
Vancomycin	34	25	3	6	S	73.5	218	218			S	100.0

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistant; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; IA, inappropriate drugs for testing; Quinupristin/Dal, quinupristin/dalfopristin; TMP-SMX, trimethoprim-sulfamethoxazole.

*Only urine samples is appropriate for testing.

Table 6. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility testing of the M1511 *Streptococcus mitis* group

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	1			1			1	1				
Amoxicillin/Clav	3	3					0					
Ampicillin	10	8	1	1	MIC*		176	82	92	2	S/I	98.9
Ampicillin/Sulb	0						1			1		
Azithromycin	0						1	1				
Aztreonam	0				IA		1	1			IA	
Cefazolin	2	2					0					
Cefepime	6	6			S	100.0	28	21	7		S	75.0
Cefoperazone	1	1			IA		0				IA	
Cefotaxime	25	21	1	3	S	84.0	181	174	7		S	96.1
Cefotetan	1			1	IA		0				IA	
Ceftazidime	2			2	IA		1	1			IA	
Ceftizoxime	0				IA		1	1			IA	
Ceftriaxone	16	15	1		S	93.8	164	164			S	100.0
Cephalothin	2	2			IA		0				IA	
Chloramphenicol	11	11			S	100.0	16	16			S	100.0
Ciprofloxacin	4			4			1	1			IA	
Clindamycin	30	1	2	27	R	90.0	130	6		124	R	95.4
Erythromycin	29	2	3	24	R	82.8	124			124	R	100.0
Gentamicin	1			1	IA		1	1			IA	
Imipenem	2	2					1			1		
Levofloxacin	6	3	3		S	50.0	42	29	13		S	69.0
Linezolid	1	1			S	100.0	123	123			S	100.0
Meropenem	1	1					3	2	1			
Netilmicin	1			1	IA		0					
Ofloxacin	3	2	1				0					
Oxacillin	3			3	IA		0				IA	
Penicillin G	11	9	1	1	MIC*		187	36	147	4	S/I	97.9
Piperacillin	0						1		1			
Teicoplanin	3	3					0					
Tetracycline	6		1	5	R	83.3	46			46	R	100.0
Vancomycin	36	36			S	100.0	185	185			S	100.0

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistant; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; MIC, minimum inhibitory concentration; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; IA, inappropriate drugs for testing.

*Testing for MIC is required.

종수준 동정은 20% 미만이었고 대부분 비결핵항산균까지 동정하였다(Table 11). 노란색의 색소형성능 감별은 무발색인 T1501 *M. abscessus*의 21.1%에서, M1514 *M. abscessus*는 14.4%, T1515 *M. intracellulare*는 18.8%에서 발생반응이 있

다고 답했고, 광발색인 T1505 *M. kansasii*는 16.7%가 암발색 균으로 답했다. 약제 감수성검사와 신속내성검사는 매우 높은 정답률을 보였다. 모든 기관이 10개 이상의 항결핵제에 대해 감수성검사 결과를 보고하였는데 일차 약제에 대해서는 모두

Table 7. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility testing of M1512 *Pseudomonas aeruginosa*

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	1			1	IA							
Amoxicillin/Clav	1	1			IA		2	2			IA	
Ampicillin	12	10		2	S	83.3	34	34			S	100.0
Ampicillin/Sulb							1	1			IA	
Azithromycin	1	1					1	1				
Cefazolin	2	2			IA							
Cefepime	2	2					5	5				
Cefoperazone	1	1										
Cefotaxime	11	9	1	1	S	81.8	24	24			S	100.0
Cefotetan	1	1			IA							
Ceftazidime	2	2			IA							
Ceftriaxone	8	7		1	S	87.5	18	18			S	100.0
Cephalothin	2	2			IA							
Chloramphenicol	3	3					5	4	1			
Ciprofloxacin	3			3	IA		1			1	IA	
Clindamycin	20	19		1	S	95.0	38	37		1	S	97.4
Daptomycin					MIC*		1	1				
Doxycycline	1	1			IA							
Erythromycin	19	19			S	100.0	36	36			S	100.0
Gentamicin	2			2	IA							
Gentamicin-H	1			1	IA							
Imipenem	1	1			IA							
Kanamycin	1			1	IA							
Levofloxacin	7			7	R	100.0	30			30	R	100.0
Linezolid	1	1			S	100.0	29	29			S	100.0
Meropenem	1	1			MIC*							
Netilmicin	1			1	IA							
Ofloxacin							3			3		
Oxacillin	2	2					1			1	IA	
Penicillin G	13	12		1	S	92.3	29	29			S	100.0
Quinupristin/Dal							7	7				
Tetracycline	4	4			S	100.0	12	11		1	S	91.7
TMP-SMX	3	1		2	IA		6	6			IA	
Vancomycin	21	20	1		S	95.2	38	38			S	100.0
ICR	6	6										

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistance; IA, inappropriate drugs for testing; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; Quinupristin/Dal, quinupristin/dalfopristin; TMP-SMX, trimethoprim-sulfamethoxazole; ICR, inducible clindamycin resistance; MIC, minimum inhibitory concentration.

*Testing for MIC is required.

Fig. 2. Piperacillin/tazobactam MIC distribution of M1512 *Pseudomonas aeruginosa* by three commercial antimicrobial susceptibility testing kits. Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistance; MIC, minimal inhibitory concentration.

정답을 맞추었다. 오답이 있었던 항결핵제는 cycloserine S인 T1501를 R로 보고한 기관 1곳, R인 T1509를 S로 보고한 기관이 1곳 있었고, R인 T1503과 T1504 pyrazinamide를 S로 보고한 기관이 1곳씩, prothionamide S인 T1516, T1518 균을 R로 보고한 기관이 각각 1, 2기관, moxifloxacin S인 T15176, T1519에 R로 보고한 기관이 1곳씩 있었다(Table 12). 신속내성검사 중 isoniazid S인 R1504에 대해 isoniazid R로 보고한 기관이 2곳 있었다(Table 13).

6. 기생충검사

P1501 *Strongyloides stercoralis* larvae 91.5%, P1504 *Trichuris trichiura*는 98.4%, P1505 *Entamoeba coli*는 90.7%의 정답률을 보였는데 기생충이 없었던 P1403의 정답률이 71.4%로 가장 낮았고 P503의 *Hymenolepis diminuta* eggs는 전체적인 일치도가 낮고 평가기대치를 설정하기에 적절하지 않아서 평가에서 제외하였다(Table 14).

고찰

세균 분야의 회원기관 수나 응답률은 2013, 2014년 신빙도 조사 때와 유사하였다[7]. 그람음성간균에 대해서는 배양과 동정검사 수행능이 우수한데 동정 정확도가 낮았던 M1505 *P. putida*는 종수준까지 정확했던 기관이 91.6%였고, *P. fluorescens*로 동정한 기관이 11곳(4.2%)이었다. 동정방법을 입력한 기관 7곳 모두 MicroScan을 이용하였던 것은 *P.*

*putida*와 *P. fluorescens*는 nitrate를 nitrogen으로 환원하지 못하고, xylose 분해하지 못하는 등 생화학적 성상이 매우 비슷하여 MicroScan에서 두 종을 감별하지 못하고 *P. putida*/*P. fluorescens*로 보고하기 때문으로 추정된다. 두 균종을 구분하려면 4°C에서 배양하여 자라면 *P. fluorescens*이고, gelatin을 가수분해하면 *P. fluorescens*이지만, API20NE에서 24-48시간 배양 후 판독 시 39%만 양성이므로 음성이라도 *P. putida*라고 동정할 수는 없다. 이처럼 두 종의 생화학적 감별은 어렵고, 꼭 감별해야 할 임상적 의의는 크지 않아서 못하고 잘못 동정하는 것보다는 *P. putida*/*P. fluorescens*로 보고하는 것이 적절한 수준의 동정이 될 수 있다. M1525 *V. fluvialis*는 *Aeromonas* 종으로 동정한 기관이 15곳으로 오동정 원인의 대부분을 차지하였다. 이는 *Vibrio* spp.와 *Aeromonas* spp.는 oxidase 양성 발효성 그람음성간균으로 유사성이 있고 설사의 원인균으로 공통점이 있고, *V. fluvialis*가 생화학적 동정제품에서 종종 *Aeromonas carviae*로 동정이 되고, *A. carviae*는 thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar에서 자라기 때문에 생화학적으로 확실하게 구별하기는 쉽지 않은 데 기인한다.

그람양성알균 중 동정 정확도가 낮았던 M1511 *S. oralis*는 *Streptococcus mitis* group으로 16S RNA 염기서열분석까지 실시하지 않으면 생화학적 동정이나 MALDI-TOF 등으로는 종수준 동정을 할 수 없다. MicroScan, Vitek 둘 다 *S. mitis*/*S. oralis*로 *S. mitis* group에 속하는 두 가지 균종을 함께 제시하지만, *S. mitis* group으로 보고한 기관이 54기관인 반면, 76기관이 *S. mitis*, 69기관이 *S. oralis*로 보고하였다. 일부에서는 16S rRNA 염기서열 분석까지 실시하여 보고하였지만, 대다수는 입력과정에서 한 가지를 선택한 것으로 추정되었다. 비화농성 streptococci에 속하는 많은 streptococci의 정확한 종 동정은 상품화된 동정제품으로 정확한 종수준 동정을 얻기는 어렵기 때문에 그룹 수준까지 동정을 해서 보고하는 것이 임상적으로 유용하다. M1515 *A. urinae*는 catalase-negative, Gram-positive cocci로 비교적 드물게 임상 검체에서 분리되기 때문에 streptococci나 enterococci로 잘못 동정될 위험이 높다. 하지만 streptococci와는 달리 요로계 감염의 병원균이므로 소변배양에서 반드시 동정해주어야 한다.

일반 세균배양동정에서 가장 동정 정확도가 떨어지는 균종은 여전히 *Candida*의 종수준 동정이었고, 효모형 진균에 대한 종동정을 실시하지 않는 기관도 다수로서 일반세균배양에서 자라는 진균에 대해 병원균인데도 적절한 수준의 동정을 하지 못하는 있는 기관 수는 2010년 이래 세균배양동정에 참여하는 기관의 20%-30% 정도로 지난 6년간 신빙도조사에서 거의 변하지 않고 있다. M1523 *C. guilliermondii*는 *C.*

Table 8. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility testing of M1521-A, *C Escherichia coli*

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. lab.	S	I	R	Expected results	%	No. lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	19	18	1		S	94.7	152	151		1	S	99.3
Amoxicillin/Clav.	8	7		1	S	87.5	86	85		1	S	98.8
Ampicillin	15			15	R	100.0	168		1	167	R	99.4
Ampicillin/Sulb.	5	4	1		NA		16	13	3		NA	
Aztreonam	3			3	R	100.0	21			21	R	100.0
Cefamandole	2			2			0					
Cefazolin	5			5	R	100.0	155			155	R	100.0
Cefepime	4	1		3	R	75.0	95	2	3	90	R	94.7
Cefmetazole	1	1					0					
Cefoperazone	1			1			0					
Cefotaxime	14			14	R	100.0	144			144	R	100.0
Cefotetan	3	3					0					
Cefoxitin	3	1	1	1	R	33.3	93		2	91	R	97.8
Ceftazidime	8	1		7	R	87.5	18			18	R	100.0
Ceftriaxone	8			8			0					
Cefuroxime axetil	1			1			3			3		
Cefuroxime sodium	1			1			2			2		
Cephalothin	6			6			0					
Chloramphenicol	2	2					0					
Ciprofloxacin	19			19	R	100.0	132			132	R	100.0
Ertapenem	0						81	80		1	S	98.8
Gentamicin	17	17			S	100.0	175	175			S	100.0
Gentamicin-High	0						1	1				
Imipenem	16	16			S	100.0	146	146			S	100.0
Kanamycin	1	1					0					
Levofloxacin	1			1	R	100.0	17			17	R	100.0
Meropenem	6	6			S	100.0	26	26			S	100.0
Netilmicin	2	2					0					
Piperacillin	4			4			5			5		
Piperacillin/Tazo	4	4			S	100.0	67	67			S	
Tetracycline	1	1					1	1				
Ticarcillin/Clav	1		1					4	4			
Tigecycline	0						3	3				
Tobramycin	6	5		1	S	83.3	25	25			S	100.0
TMP-SMX	10	10			S	100.0	118	118			S	100.0
ESBL	0						118			118	+	100.0

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistant; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; Piperacillin/Tazo, piperacillin/tazobactam; Ticarcillin/Clav, ticarcillin/clavulanic acid; TMP-SMX, trimethoprim-sulfamethoxazole; ESBL, extended spectrum β -lactamase; NA, not applicable.

Table 9. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility test of M1521-B *Enterobacter cloacae*

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	10	10			S	100.0	35	35			S	100.0
Amoxicillin/Clav	2	1		1	R	50.0	19			19	R	100.0
Ampicillin	11			11	R	100.0	42			42	R	100.0
Ampicillin/Sulb	5			5	R	100.0	6			6	R	100.0
Aztreonam	5			5			4			4		
Cefaclor	1			1			0					
Cefamandole	1			1			0					
Cefazolin	1			1	R	100.0	37			37	R	100.0
Cefepime	3	1	2		R	0	24	2		22	R	91.7
Cefoperazone	1			1			0					
Cefoperazone/Sulb	1		1				0					
Cefotaxime	6			6	R	100.0	36			36	R	100.0
Cefoxitin	1			1	R	100.0	28			28	R	100.0
Ceftazidime	8	1		7	R	87.5	7			7	R	100.0
Ceftriaxone	6	1		5			0					
Cefuroxime axetil	1			1			1			1		
Cefuroxime sodium	1			1			0					
Cephalothin	2			2			0					
Chloramphenicol	1	1					0					
Ciprofloxacin	11	7	3	1	NA		25	19	6		NA	
Doxycycline	1	1					0					
Ertapenem	0						13			13	R	100.0
Gentamicin	11			11	R	100.0	41			41	R	100.0
Imipenem	11	4	3	4	R	36.4	29		4	25	R	86.2
Levofloxacin	1	1					7	6	1			
Meropenem	3	2		1			4			4		
Piperacillin	3			3			5			5		
Piperacillin/Tazo	1		1		NA		18	1	3	14	NA	
Ticarcillin/Clav	0						2	1		1		
Tigecycline	0						1	1				
Tobramycin	4	4					7		4	3		
TMP-SMX	7	4	2	1	S	57.1	28	28			S	100.0

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistant; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; Cefoperazone/Sulb, cefoperazone/sulbactam; Piperacillin/Tazo, piperacillin/tazobactam; Ticarcillin/Clav, ticarcillin/clavulanic acid; TMP-SMX, trimethoprim-sulfamethoxazole; NA, not applicable.

*guilliermondii*으로 동정한 기관이 109곳, *C. famata*로 동정한 기관이 70곳으로 많은 기관에서 *C. famata*로 동정을 하였다. *C. guilliermondii*와 *C. famata*는azole 계열 항진균제 감수성에 차이가 있어서 *C. guilliermondii*의 fluconazole

MIC 중앙값이 2 µg/mL로 *C. famata*가 0.25 µg/mL인 것과는 달리 azole 내성이 있는 균종이기 때문에 두 균종을 감별할 필요가 있다[8]. 비오메리으사의 진균동정제품 중 Vitek2 YST로 동정하면 대부분 *C. famata*로 동정이 되고, API 20C

Table 10. Performance of laboratories in antimicrobial susceptibility testing of M1522 *Streptococcus pneumoniae*

Antimicrobials	Disk diffusion method						Commercial broth dilution method					
	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%	No. of lab.	S	I	R	Expected results	%
Amikacin	1			1			0					
Amoxicillin/Clav	2	2			MIC*		9	9			S	100.0
Ampicillin	5	4	1		S	80.0	6	6			S	100.0
Ampicillin/Sulb	1	1					0					
Azithromycin	0						1	1				
Cefazolin	3	3					0					
Cefepime	1	1			MIC*		23	23			S	100.0
Cefotaxime	5	5			MIC*		191	190		1	S	99.5
Cefoxitin	1	1					0					
Ceftazidime	1	1					0					
Ceftriaxone	8	7		1	MIC*		163	162		1	S	99.4
Cefuroxime sodium	1	1			MIC*		0					
Cephalothin	2	2					0					
Chloramphenicol	7	7					6	6				
Ciprofloxacin	4	3	1				0					
Clindamycin	32	32			S	100.0	196	192	2	2	S	98.0
Doxycycline	2		1	1			0					
Erythromycin	35	35			S	100.0	204	202		2	S	99.0
Gentamicin	3	1	1	1			0					
Imipenem	2	2			MIC*		0					
Levofloxacin	13	12	1		S	92.3	196	195		1	S	99.5
Linezolid	4	4			S	100.0	107	107			S	100.0
Meropenem	1	1			MIC*	100.0	27	27			S	100.0
Moxifloxacin	1	1					1	1				
Ofloxacin	3	3					0					
Oxacillin	14	2		12	R		0					
Oxacillin (Cefoxitin)	1			1	R		0					
Penicillin G	17	7	2	8	S		201	184	7	10	S	91.5
Piperacillin/Tazo	1	1					0					
Teicoplanin	5	5					0					
Tetracycline	18	18			S	100.0	194	193		1	S	99.5
TMP-SMX	24	9	6	9	S	37.5	198	194	4		S	98.0
Vancomycin	37	36		1	S	97.3	202	202			S	100.0

Abbreviations: S, susceptible; I, intermediate; R, resistant; Amoxicillin/Clav, amoxicillin/clavulanic acid; Ampicillin/Sulb, ampicillin/sulbactam; Piperacillin/Tazo, piperacillin/tazobactam; TMP-SMX, trimethoprim-sulfamethoxazole; MIC, minimum inhibitory concentration.

*Testing for MIC is required.

(bioMérieux SA)는 *C. guilliermondii*로 정확히 동정할 수 있다. 두 균종은 탄수화물 assimilation 양상이 매우 유사하지만 *C. guilliermondii*는 lactate 동화를 하는 데 비해 *C. famata*

는 못하는 것이 감별점이고, 형태학적으로는 슬라이드배양을 했을 때 가균사를 관찰할 수 있는 *C. guilliermondii*에 비해 *C. famata*는 못 만든다. 하지만 항상 가균사를 만들지는 않기 때

Table 11. Performance of laboratories in species identification in mycobacteriology

Survey no. (no. of lab.)	Organisms identified with good accuracy	No. (%)	Organisms identified with acceptable accuracy	No. (%)	Organisms identified with unacceptable accuracy	No. (%)
T1501 (84)	<i>Mycobacterium abscessus</i>	17 (20.2)	<i>Mycobacterium</i> other than <i>M. tuberculosis</i> complex	62 (73.8)	No response	1 (1.2)
			Nonphotochromogen, referred for identification	4 (4.8)		
	Subtotal	17 (20.2)	Subtotal	66 (78.6)	Subtotal	1 (1.2)
T1402 (84)	Negative for Mycobacteria	81 (96.4)	No growth	2 (2.4)	<i>Mycobacterium</i> other than <i>M. tuberculosis</i>	1 (1.2)
	Subtotal	81 (96.4)	Subtotal	2 (2.4)	Subtotal	1 (1.2)
T1403 (84)	Negative for Mycobacteria	81 (96.4)	No growth	2 (2.4)	<i>M. tuberculosis</i> complex	1 (1.2)
	Subtotal	81 (96.4)	Subtotal	2 (2.4)	Subtotal	1 (1.2)
T1404 (83)	<i>M. tuberculosis</i> complex	70 (84.3)			Negative for Mycobacteria	3 (3.6)
	<i>M. tuberculosis</i> (not <i>M. africanum</i> , <i>M. bovis</i> , or <i>M. microti</i>)	9 (10.8)			No response	1 (1.2)
	Subtotal	79 (95.2)	Subtotal	0	Subtotal	4 (4.8)
T1405 (84)	<i>M. kansasii</i>	17 (20.2)	<i>Mycobacterium</i> other than <i>M. tuberculosis</i> complex	61 (72.6)	Nonphotochromogen, referred for identification	4 (4.8)
					<i>M. tuberculosis</i> complex	1 (1.2)
					No response	1 (1.2)
	Subtotal	17 (20.2)	Subtotal	61 (72.6)	Subtotal	6 (7.2)
T1511 (82)	<i>M. tuberculosis</i> complex	73 (89.0)			No response	1 (1.2)
	<i>M. tuberculosis</i> (not <i>M. africanum</i> , <i>M. bovis</i> , or <i>M. microti</i>)	8 (9.8)				
	Subtotal	81 (98.8)	Subtotal	0	Subtotal	1 (1.2)
T1512 (82)	Negative for Mycobacteria	80 (97.6)	No growth	1 (1.2)	<i>M. tuberculosis</i> complex	1 (1.2)
	Subtotal	80 (97.6)	Subtotal	1 (1.2)	Subtotal	1 (1.2)
T1413 (82)	Negative for Mycobacteria	80 (97.6)	No growth	1 (1.2)	<i>Mycobacterium</i> other than <i>M. tuberculosis</i> complex	1 (1.2)
	Subtotal	80 (97.6)	Subtotal	1 (1.2)	Subtotal	1 (1.2)
T1514 (82)	<i>M. abscessus</i>	16 (19.5)	<i>Mycobacterium</i> other than <i>M. tuberculosis</i> complex	64 (78.1)	No response	2 (2.4)
			Nonphotochromogen, referred for identification	1 (1.2)		
	Subtotal	16 (19.5)	Subtotal	65 (79.3)	Subtotal	2 (2.4)
T1515 (82)	<i>M. intracellulare</i> (not <i>M. avium</i>)	16 (19.5)	<i>Mycobacterium</i> other than <i>M. tuberculosis</i> complex	62 (75.6)	<i>M. tuberculosis</i> complex	1 (1.2)
			Nonphotochromogen, referred for identification	1 (1.2)	No response	2 (2.4)
	Subtotal	16 (19.5)	Subtotal	63 (76.8)	Subtotal	3 (3.6)

Table 12. Performance of laboratories in anti-tuberculosis drug susceptibility testing

Drugs	Expected susceptibility results and no. (%) of correct results for each survey material									
	T1506	T1507	T1508	T1509	T1510	T1516	T1517	T1518	T1519	T1520
Isoniazid	R 7 (100)	S 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)	S 7 (100)	S 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)
Rifampin	S 7 (100)	S 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)	S 7 (100)	S 7 (100)	R 7 (100)	R 7 (100)
Streptomycin	R 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	NA NA	S 5 (100)	R 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)
Ethambutol	S 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	R 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)
Kanamycin	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)
Amikacin	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)
Capreomycin	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 4 (100)	S 5 (100)	S 4 (100)
Ofloxacin	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)
Levofloxacin	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)
Moxifloxacin	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	NA NA	S 5 (100)	S 3 (75)	S 5 (100)	S 4 (80)	S 5 (100)
Prothionamide	NA NA	S 3 (100)	S 3 (100)	NA NA	NA NA	S 3 (67)	S 3 (100)	S 1 (33)	S 2 (100)	R 3 (100)
Cycloserine	S 4 (80)	S 5 (100)	S 5 (100)	R 4 (80)	S 5 (100)	S 4 (100)	S 4 (100)	S 3 (100)	S 4 (100)	R 4 (100)
PAS	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)
Rifabutin	S 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	R 5 (100)	R 5 (100)	R 5 (100)	S 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)	R 5 (100)
Pyrazinamide	S 5 (100)	S 5 (100)	R 4 (80)	R 4 (80)	R 4 (80)	S 5 (100)	S 4 (80)	S 5 (100)	S 5 (100)	R 5 (100)

Abbreviations: R, resistance; S, susceptible; NA, not applicable.

Table 13. Rapid detection of rifampin and isoniazid resistance

Drug-resistant mutations	R1401		R1402		R1503		R1504	
	Expected results	No. of lab. (%)	Expected results	No. of lab. (%)	Expected	No. of lab. (%)	Expected results	No. of lab. (%)
Rifampin	R	32 (100)	S	31 (100)	R	31 (100)	R	31 (100)
<i>rpoB</i> mutation	S531L	21 (66)			H526Y	19 (61)	D516V	17 (55)
	No response	11 (34)			No response	12 (39)	No response	12 (39)
							D516Y	1 (3)
							D516Y, H526Y	1 (3)
Isoniazid	R	23 (100)	S	23 (100)	S	22 (100)	R	22 (100)
<i>katG</i> mutation	S315T	21 (91)	S	22 (100)	S	22 (100)	S315T	20 (91)
	No response	2 (9)					No response	2 (9)
<i>inh</i> mutation	S	23 (100)	S	23 (100)	S	22 (100)	S	20 (91)
							R	2 (9)

Abbreviations: S, susceptible; R, resistance.

문에 두 균종을 감별하는데 MALDI-TOF, 염기서열분석 등 분자생물학적 방법을 사용하는 것이 권장된다[9].

2015년 털곰팡이류는 *Cunninghamella bertholletiae*, *R. oryzae* 2종으로 Mucorale의 배양과 동정 수행능을 점검하였고, 우수한 수행능을 보였다. 혐기성균은 *F. nucleatum*, *P. intermedia* 2종이 포함되었는데 *F. nucleatum*은 생존능이 매우 낮은 균종으로 대부분의 검사실에서 배양에 실패하여 평가에서 제외되었다. 배양능을 평가하기 위해서는 *F. nucleatum*과 같이 산소노출에 가장 민감한 균종도 비율 수 있는지 평가하는 것이 필요하기 때문에 현재 신빙도조사에 사용하는 냉동동결건조방법을 개선할 필요가 있다. 미호기성인 *C. jejuni*도 제대로 키운 기관이 절반에 불과하여 국내 임상미생물 검사실에서 혐기성균과 미호기성균의 배양능력을 개선할 필요성이 있음을 알 수 있다. *A. actinomycetemcomitans* 또한 배양실패가 20% 이상이고, 오동정도 10% 이상으로 HACEK (*Haemophilus*, *Actinobacillus*, *Cardiobacterium*, *Eikenella*, *Kingella*)에 속하는 까다로운 그람음성간균에 대한 배양과 동정능력을 개선할 필요가 있었다.

항균제 감수성검사에서 문제가 있었던 것으로 S1501 *E. coli*의 ciprofloxacin, levofloxacin S는 검사방법 간 일치도가 떨어졌는데 디스크확산법은 S 또는 I로 희석법은 I 또는 R로 수렴하였다. S1501처럼 ciprofloxacin의 MIC가 2 µg/mL로 I인 경우 자동화기기 간에도 판정이 엇갈리는 경우가 많은 것은 국내 ESBL 임상분리 장내세균의 역학을 고려할 때 우려스러운 일이다. 국내 생산 ESBL *E. coli*는 퀴놀론 내성률이 높고[10], ESBL *K. pneumoniae*의 40.5%, ESBL *E. coli*의 5.8%에서

*qnrB*에 의한 내성기전이 발견되는데 이때 quinolone MIC는 다양한 분포를 보이기 때문에 항균제 감수성검사에 오류가 발생할 위험이 높다[11]. *K. pneumoniae*는 plasmid mediated AmpC β-lactamase를 가지고 있지만, ESBL은 음성인데도 Vitek2 사용기관들 중 26곳이 ESBL 양성으로 보고하면서 cefepime 감성결과를 R로 정정 보고함으로써 낮은 정답률의 원인이 되었다. 이는 새로운 세팔로스포린 판독기준으로 업데이트하지 않고, ESBL 검출 알고리즘을 계속 적용하였기 때문이어서 ESBL 확인검사가 포함된 감수성검사 키트를 사용할 때 유의해야 할 점이다.

M1512 *P. aeruginosa*의 항균제 감수성검사는 β-lactam계 항균제에 대해 심각한 불일치를 보여서 2010년 2차, 2014년 2차 신빙도조사에서 *P. aeruginosa*와 유사한 항균제 감수성검사의 문제점이 반복되었다[12]. 이 중 meropenem, piperacillin, piperacillin/tazobactam 감수성 결과는 참여기관들의 일치율이 85% 미만이었다. 상품화된 MIC 감수성검사 제품들이 *P. aeruginosa*의 다수 β-lactam계 항균제 감수성검사에 오류가 많다는 것은 이전에 정확성을 평가한 연구자들에 의해 이미 여러 번 지적이 되었다[13]. 이번 신빙도조사 결과를 볼 때 MicroScan, Vitek, Phoenix 모두 carbapenem에 대한 엄격한 질 관리가 필요하다고 생각되며, 특히 Vitek2를 사용하는 기관들은 piperacillin, piperacillin/tazobactam에 대한 질 관리 검토가 필요하다.

M1511 *S. oralis*는 MIC법 사용기관에서 β-lactam 항균제의 감수성검사 일치도는 매우 우수하였지만, 디스크확산법을 사용한 기관에서는 cefotaxime은 84%만 S로 보고했고,

Table 14. Performance of laboratories in microscopic examination of stool in parasitology

Survey no. (no. of lab.)	Organisms identified with good accuracy	No. (%)	Organisms identified with acceptable accuracy	No. (%)	Organisms identified with unacceptable accuracy	No. (%)
P1501 (129)	<i>Strongyloides stercoralis</i> larvae	118 (91.5)			<i>Clonorchis/ Metagonimus</i> eggs	3 (2.3)
					<i>Enterobius vermicularis</i> eggs	2 (1.6)
					Hookworm larvae	2 (1.6)
					No parasite seen	4 (3.1)
	Subtotal	118 (91.5)	Subtotal	0	Subtotal	11 (8.5)
P1502* (129)	<i>Hymenolepis diminuta</i> eggs	60 (46.5)				
	No parasite observed	37 (28.7)				
	<i>Ascaris</i> sp. eggs	21 (16.3)				
	<i>Taenia</i> sp. eggs	4 (3.1)				
	<i>Enterobius vermicularis</i> eggs	1 (0.8)				
	<i>Clonorchis/ Metagonimus</i> eggs	1 (0.8)				
	<i>Diphyllobothrium</i> sp. eggs	1 (0.8)				
	<i>Fasciola hepatica/ Fasciolopsis buski</i> eggs	1 (0.8)				
	<i>Hymenolepis nana</i> eggs	2 (1.6)				
	<i>Schistosoma mansoni</i> eggs	1 (0.8)				
	Subtotal	129 (100.0)				
P1503 (126)	No parasite observed	41 (32.5)			<i>Ascaris</i> sp. eggs	39 (31.0)
					<i>Taenia</i> sp. eggs	18 (14.3)
					<i>Hymenolepis nana</i> eggs	16 (12.7)
					<i>Blastocystis hominis</i>	4 (3.2)
					<i>Balantidium coli</i>	2 (1.6)
					<i>Cystoisospora (Isospora) belli</i> oocysts	2 (1.6)
					<i>Clonorchis/ Metagonimus</i> eggs	1 (0.8)
					<i>Entamoeba histolytica/ E. disper</i>	1 (0.8)
					Hookworm eggs	1 (0.8)
					<i>Hymenolepis diminuta</i> eggs	1 (0.8)
	Subtotal	41 (32.5)	Subtotal	0	Subtotal	85 (67.5)
P1504 (129)	<i>Trichuris trichiura</i>	127 (98.4)			<i>Clonorchis/ Metagonimus</i> eggs	1 (0.8)
					<i>Trichostrongylus</i> eggs	1 (0.8)
	Subtotal	127 (98.4)	Subtotal	0	Subtotal	2 (1.6)
P1505 (129)	<i>Entamoeba coli</i>	117 (90.7)			<i>Entamoeba histolytica/ E. disper</i>	11 (8.5)
					<i>Entamoeba hartmanni</i>	1 (0.8)
	Subtotal	117 (90.7)	Subtotal	0	Subtotal	12 (9.3)

*Excluded from evaluation because of low consensus.

penicillin은 11기관 중 9곳(81.8%)이 S라고 보고하여 디스크확산법은 penicillin 감수성검사를 하는데 부정확하다는 것을 알 수 있다. CLSI에서 viridans streptococci는 penicillin, ampicillin 감수성검사는 MIC법만을 권장하기 때문에 viridans streptococci에 penicillin 감수성검사는 MIC법으로 변경하여야 한다. Levofloxacin은 MIC법, 디스크확산법 모두 일치율이 매우 낮았는데, 특히 MIC법에서 I로 답한 기관은 총 13기관 중 Vitek 장비로 검사한 기관이 12기관, 무응답 1기관으로 Vitek 기기 사용자에 많았다. 디스크확산법에서 I로 보고한 기관은 각각 13, 16 mm의 억제대 직경을 입력하여 CLSI의 I 판독기준이 14-16 mm인데 비해 R인 값을 I로 판독한 기관도 있어서 수기법으로 검사할 때 잘못된 판독기준을 적용하는 것도 문제였다. Chun 등[14]의 연구에서 국내 3차 병원에서 분리된 균주들 중 levofloxacin은 전체 비화농성 streptococci의 92.4%가 S로 *S. bovis* group을 제외하면 vancomycin 다 음으로 S를 유지하는 항균제이기 때문에 정확한 항균제 감수성검사가 필수인 항균제이다.

비결핵항산균은 중수준 동정이 20% 미만이기 때문에 이들 균에 대해 노란색의 색소형성능 감별은 오염균인지 감별을 위해 중요한데 무발색인 *M. abscessus*, *M. intracellulare*에서 발색반응이 있다고 답하거나 광발색인 *M. kansasii*를 암발색 균으로 답한 기관들이 16%-19%에 달해서 발색반응에 대한 질 관리가 시급했다.

결론적으로 2015년 임상미생물학 신빙도조사는 항균제 내성균 감시배양, 털곰팡이류, 기생충학검사 등 임상미생물 분야를 지속적으로 확대하여 참여기관에 더 포괄적인 외부정도 관리프로그램을 제공할 수 있었다. *Candida* 중수준 동정, 혐기성 및 미호기성 세균의 배양과 동정, HACEK 계열의 까다로운 세균의 배양과 동정 등은 여전히 개선이 필요한 부분이 었다. 장내세균속과 *P. aeruginosa*의 β -lactam에 대한 항균제 감수성에서 상품화된 검사 키트에 특이적인 오류가 반복적으로 발생하는 것에 대해 임상미생물검사실에서 이를 인지하고 지속적인 질 관리대책을 세울 필요가 있다.

REFERENCES

1. Jones RN, Glick T, Sader HS, Flamm RK, Ross JE, Rhomberg PR, et al. Educational antimicrobial susceptibility testing as a critical component of microbiology laboratory proficiency programs: American Proficiency Institute results for 2007-2011. *Diagn Microbiol Infect Dis* 2013;75:357-60.
2. Snell JJ, Brown DE, Perry SE, George R. Antimicrobial susceptibility testing of enterococci: results of a survey conducted by the United Kingdom National External Quality Assessment Scheme for Microbiology. *J Antimicrob Chemother* 1993;32:401-11.
3. Chaitram JM, Jevitt LA, Lary S, Tenover FC; WHO Antimicrobial Resistance Group. The World Health Organization's External Quality Assurance System Proficiency Testing Program has improved the accuracy of antimicrobial susceptibility testing and reporting among participating laboratories using NCCLS methods. *J Clin Microbiol* 2003;41:2372-7.
4. EUCAST. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. http://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/Breakpoint_tables/Breakpoint_table_v_4.0.pdf (Accessed January 1, 2014).
5. Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: 24th informational supplement, M100-S24. Wayne (PA): Clinical and Laboratory Standards Institute, 2014.
6. Spellerberg B, Brandt C. Special phenotypic methods for detecting antibacterial resistance. In: Swenson JM, Patel JB, Jorgensen JH, editors. *Manual of clinical microbiology*. 10th ed. Washington (DC): ASM Press, 2011; 1168.
7. Ko YJ, Kim MN, Kim EC, Shin JH, Lee NY, Kim S, et al. Annual report on external quality assessment scheme in clinical microbiology in Korea (2013). *J Lab Med Qual Assur* 2014;36:122-39.
8. Espinel-Ingroff A, Pfaller MA, Bustamante B, Canton E, Fothergill A, Fuller J, et al. Multilaboratory study of epidemiological cutoff values for detection of resistance in eight *Candida* species to fluconazole, posaconazole, and voriconazole. *Antimicrob Agents Chemother* 2014;58:2006-12.
9. Castanheira M, Woosley LN, Diekema DJ, Jones RN, Pfaller MA. *Candida guilliermondii* and other species of *Candida* misidentified as *Candida famata*: assessment by vitek 2, DNA sequencing analysis, and matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in two global antifungal surveillance programs. *J Clin Microbiol* 2013;51:117-24.

10. Jeong HS, Bae IK, Shin JH, Jung HJ, Kim SH, Lee JY, et al. Prevalence of plasmid-mediated quinolone resistance and its association with extended-spectrum beta-lactamase and AmpC beta-lactamase in Enterobacteriaceae. *Korean J Lab Med* 2011;31:257-64.
11. Kim MH, Lee HJ, Park KS, Suh JT. Molecular characteristics of extended spectrum beta-lactamases in *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* and the prevalence of qnr in Extended spectrum beta-lactamase isolates in a tertiary care hospital in Korea. *Yonsei Med J* 2010;51:768-74.
12. Ko YJ, Kim MN, Kim EC, Shin JH, Lee NY, Kim S, et al. Annual report on external quality assessment scheme for clinical microbiology in Korea (2014). *J Lab Med Qual Assur* 2015;37:153-78.
13. Sader HS, Fritsche TR, Jones RN. Accuracy of three automated systems (MicroScan WalkAway, VITEK, and VITEK 2) for susceptibility testing of *Pseudomonas aeruginosa* against five broad-spectrum beta-lactam agents. *J Clin Microbiol* 2006;44:1101-4.
14. Chun S, Huh HJ, Lee NY. Species-specific difference in antimicrobial susceptibility among viridans group streptococci. *Ann Lab Med* 2015;35:205-11.

임상미생물학분과 신빙도조사 결과보고(2015)

장정현¹ • 김미나¹ • 김의종² • 신종희³ • 이남용⁴ • 김선주⁵ • 정석훈⁶ • 김재석⁷
김창기⁸ • 배혜경⁹ • 윤남섭¹ • 주세익² • 송동준⁴ • 김건한⁶ • 정태전¹⁰ • 허 진¹¹

¹¹ 대한임상검사정도관리협회 임상미생물학분과위원회

¹울산대학교 의과대학 서울아산병원 진단검사의학과, ²서울대학교 의과대학 서울대학교병원 진단검사의학과, ³전남대학교 의과대학 전남대학교병원 진단검사의학과, ⁴성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 진단검사의학과, ⁵경상대학교 의과대학 경상대학교병원 진단검사의학과, ⁶연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 진단검사의학과, ⁷한림대학교 의과대학 강동성심병원 진단검사의학과, ⁸결핵연구원 진단검사의학과, ⁹녹십자 의료재단 진단검사의학과, ¹⁰고신대학교복음병원 진단검사의학과, ¹¹고려대학교안산병원 진단검사의학과

대한임상검사정도관리협회 임상미생물학분과는 2015년 3월, 6월, 9월에 신빙도조사를 하였다. 이번 신빙도조사에는 세균학, 심화세균 및 진균학, 미코박테리아 분야, 기생충학 분야 등이 포함되었다. 각 조사마다 일반세균학의 그람염색, 배양, 동정 및 감수성검사를 위한 서로 다른 조합의 세균과 효모균 5종으로 구성된 3가지 세트와 AFB (acid fast bacilli) 염색을 위한 5개의 고정된 객담 도말 슬라이드를 배분하였다. 매 기간마다 혐기균과 털곰팡이류의 배양 및 동정을 위한 두 가지 심화세균 배양을 위한 배지를 신청기관에 분배하였고 3월과 6월 조사에는 5개의 항산균 배양 및 동정 검체, 5개의 항결핵제 감수성검사를 위한 검체, 두 개의 신속 항결핵제 감수성검사를 위한 항산균주를 신청기관에 배분하였다. 대변 기생충 검경을 위한 5개의 가상 현미경 슬라이드를 6월 조사 때 각 참여기관에 오픈하였다. 총 334 검사기관이 참여하였고 1차, 2차, 3차 조사 때 각각 328기관(98.2%), 328기관(98.2%), 329기관(98.5%)이 결과를 회신하였다. 세균동정에서 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pneumoniae*, *Vibrio fluvialis*는 95% 이상의 기관이 적절하게 답했고, vancomycin-resistant enterococci와 carbapenem-resistant Enterobacteriaceae의 정확도는 각각 75.8%–85.3%와 93.1%였다. *Candida krusei*, *Candida lusitanae*, *Candida guilliermondii*의 종수준 동정 정확도는 79.8%, 55.7%, 42.7%였다. 디스크확산법은 *E. faecalis*에서 glycopeptide 감수성검사와 *S. pneumoniae*에서 trimethoprim-sulfamethoxazole 감수성검사에서의 높은 위내성률을 초래하였다. 심화세균에서는 *Cunninghamella* sp.와 *Rhizopus oryzae*는 종수준 동정률은 매우 낮고 속수준 동정률이 80.4%, 83.7%였다. *Prevotella intermedia*, *Aggregatobacter actinomycetemcomitans*, *Campylobacter jejuni*, *Fusobacterium nucleatum* 등은 배양실패가 문제였고, 종수준 동정률은 80.2%, 87.1%, 78.6%, 50.0%였다. 항산균 배양동정, 감수성검사의 정확도는 우수하였다. 기생충 검경에서 *Hymenolepsis diminuta* 총란 동정 정확도가 46.5%에 불과하였고, 기생충이 없는 슬라이드의 ‘no parasite seen’은 31.8%에 불과하였다. 2015년 임상미생물학 신빙도조사는 항균제 내성균 감시배양, 털곰팡이류, 기생충학검사 등 임상미생물 분야를 지속적으로 확대하여 참여기관에 더 포괄적인 외부정도관리프로그램을 제공할 수 있었다. *Candida* 종수준 동정, 혐기성 및 미호기성 세균의 배양과 동정, HACEK (*Haemophilus*, *Actinobacillus*, *Cardiobacterium*, *Eikenella*, *Kingella*) 계열의 까다로운 세균의 배양과 동정 등은 여전히 개선이 필요한 부분이었다. 장내세균속과 *P. aeruginosa*의 β -lactam에 대한 항균제 감수성에서 상품화된 검사 키트에 특이적인 오류가 반복적으로 발생하는 것에 대해 임상미생물 검사실에서 이를 인지하고 지속적인 질 관리대책을 세울 필요가 있다.

(J Lab Med Qual Assur 2016;38:169–193)

교신저자: 김미나

우)05505 서울시 송파구 올림픽로 43길 88, 울산대학교 의과대학 서울아산병원 진단검사의학과
Tel: 02)3010-4511, Fax: 02)478-0884, E-mail: mnkim@amc.seoul.kr