

# 임상 미생물 검사실 업무 효율 증대를 위한 협진 활용 분석

## Changing Guidelines for Clinical Microbiology Laboratories and Their Influences on Workflows Related to Consultations

안선영 · 김현수 · 성지연 · 김명숙 · 용동은 · 이경원

Sunyoung Ahn, M.D., Hyunsoo Kim, M.D., Ji Yeon Sung, M.D., Myung Sook Kim, M.T., Dongeun Yong, M.D., Kyungwon Lee, M.D.

연세대학교 의과대학 진단검사의학교실, 세균내성연구소

Department of Laboratory Medicine and Research Institute of Bacterial Resistance, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** Since the concept of 'minimal identification of poor quality specimens or microbes with low pathogen potential' has been introduced into the standard operating procedure (SOP) to enhance work efficiency, consultations are requested for further species identification and antimicrobial susceptibility testing. The aim of this study was to evaluate the impact of consultations requests to the clinical microbiology laboratory on its work efficiency.

**Methods:** From January 2013 to April 2015, consultation requests to the laboratory in a tertiary-care hospital were collected from electronic medical records. The characteristics of consultations and changes to workflow due to the laboratory SOP amendment were analyzed. Turnaround time of the consultation and specimen culture were evaluated as an indicator of workflow efficiency.

**Results:** A total of 971 consultations were evaluated during the study period. The most common purposes for consultations were microbe species identification and antimicrobial susceptibility tests. Among the minimal identification reports, the proportions of consultations were below 5%. The number of consultations had increased substantially. However, the turnaround time of consultation and specimen culture showed declining trends.

**Conclusions:** With the introduction of the consultation system, the workload for species identification and antimicrobial susceptibility testing of colonizing microbes could be minimized. This research provides an example of work efficiency management for laboratory procedures based on an SOP amendment.

**Key Words:** Microbiology, Laboratory, Minimal identification, Consultation, Turnaround time

## 서론

의학의 발전과 함께 의학 분야는 세분화되어 예전에 비해 고도의 전문성이 요구되고 있다. 장기 이식 등에 의한 면역저하자의 수가 증가하고, 사용하는 항균제의 종류도 다양해지고 복잡해졌으며,

내성균의 비율 또한 높아지고 있다. 따라서 적절한 환자 치료를 위하여는 임상 검체에서 미생물이 증식되는 경우, 신속한 동정 및 항균제 감수성 시험 결과가 필요하다.

그러나 현실적으로 검사실 업무를 위해 사용할 수 있는 자원과 인력은 한정되어 있기에, 이에 따라 효율적인 임상 미생물 검사실 운영이 절실히 요구된다[1, 2]. 최근 개정된 미생물 검사실 지침에서는 불량한 검체 혹은 병원균일 가능성이 낮은 경우는 간략 동정으로 배양 검사를 마무리 하도록 권장하였다[3].

이러한 개정 지침은 본원에서 2013년부터 본격적으로 도입되어 검사지침서를 변경하였으며 이에 따라 검체 배양 및 동정, 항균제 감수성 검사의 프로세스가 변화되었다. 그러나 간략 동정으로 결과 보고되더라도 임상적으로 미생물 세부 동정 혹은 항균제 감수성 시험 결과가 필요한 경우는 협진 체계를 적극 활용하도록 권고하였다.

협진은 임상에서 적절한 치료 계획을 세우고 필요한 관련 분야의 의학적 자문을 얻기 위해 널리 이루어지고 있다. 그러나 협진에

**Corresponding author:** Dongeun Yong

Department of Laboratory Medicine and Research Institute of Bacterial Resistance, Yonsei University College of Medicine, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemu-gu, Seoul 03722, Korea

Tel: +82-2-2228-2446, Fax: +82-2-313-0908, E-mail: deyong@yuhs.ac

Received: November 5, 2015

Revision received: January 3, 2016

Accepted: January 8, 2016

This article is available from <http://www.labmedonline.org>

© 2016, Laboratory Medicine Online

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

대한 고찰은 지금까지 몇몇 임상 분야에서만 제한적으로 시행되었다(4, 5). 특히 진단검사의학과 임상미생물 검사실과 임상과들 사이에서 이루어지는 협진의 특성에 대한 고찰 및 이와 관련된 검사실 업무의 효율화에 대한 구체적인 분석은 보고된 바가 없다. 본 연구에서는 한 대학 병원 진단검사의학과 임상미생물 검사실로 의뢰된 협진과 검사실 업무 변화를 후향적으로 분석하고자 하였다.

## 대상 및 방법

2012년도 1월부터 2015년도 4월까지 한 대학병원 진단검사의학과 임상미생물 검사실에 협진 의뢰된 환자들의 자료를 수집하였다. 전산처방전달시스템(Order Communication System)을 통해 의뢰된 공식적인 협진만을 대상으로 하였으며, 전화나 전자우편 혹은 구두 자문은 제외하였다. 2012년 이전 협진은 전산처방전달시스템을 통한 협진이 이루어지기 전으로 총 20여 건 미만이었다. 따라서, 2013년 1월부터 2015년 4월까지의 자료만 분석에 포함하였다. 의뢰 목적이 모호하거나 임상 미생물 검사실 업무와 관련이 없는 경우는 분석에서 제외하였다.

협진 의뢰/회신 일시와 의뢰과, 협진 의뢰/회신 내용 등을 조사하였다. 미생물 균종 동정이나 항균제 감수성 검사가 의뢰된 경우는 검체 및 동정 균종에 대하여 조사하였다. 항균제 감수성 검사의 시행과 해석에 관하여서는 CLSI guideline [6]을 따랐다.

이와 함께 분석 기간 중 미생물 검사실로 의뢰된 총 배양 건수 및 검체 종류를 분석하였고, 이들 검체 중 배양 양성 비율, 간략 동정 비율과 추가 동정 비율을 조사하여 검사실의 지침 변경에 따른 업무량 변화에 대해 해석하고자 하였다. 그에 따른 업무효율의 지표로 협진 및 미생물 배양 검사의 회신시간(turnaround time, TAT)의 변화를 분석하였다. 자료 분석은 Excel 2010 (Microsoft, USA)를 사용하였다.

## 결 과

2013년 1월부터 2015년 4월까지 의뢰된 총 협진 건수는 971건이었다. 남자 548명(56%), 여자 423명(44%)이었으며 평균 나이는 55세이었다. 의뢰과는 내과(574건, 59%), 정형외과(119건, 12%), 소아과(110건, 11%), 피부과(42건, 4%) 순이었다. 흔한 질환은 패혈증 등 감염질환(208명, 21%)이었으며 호흡기 질환(181명, 19%), 고혈압(175명, 18%), 심혈관질환(106명, 11%)의 순이었다.

해당 기간 중 미생물 배양 건수는 총 639,709건이었고, 평균적으로 월별 22,847건이었다(Fig. 1A). 같은 기간 월별 협진 건수는 2014년 11월까지 약 70건으로 증가하였으며, 2014년 12월 이후 다소 감소하였다(Fig. 1B). 배양이 의뢰된 검체들 중 미생물이 동정된 경우는 평균 28%이었다(Fig. 2). 의뢰된 검체들 중 간략 동정으로 결과가 보고된 경우는 평균 8%로, 2014년 중반부터 증가하였다가 2014년 후반 감소세를 보였다(Fig. 2). 간략 동정으로 보고된 검체들 중 추가동정 협진을 의뢰한 비율은 약 5% 이하이었다(Fig. 2).

협진 의뢰 목적은 간략 동정된 미생물의 균종 동정과 항균제 감

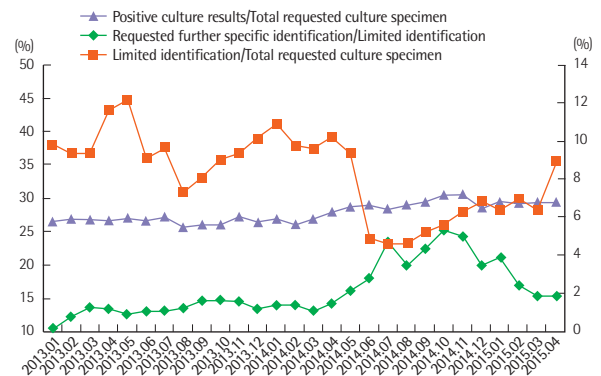


Fig. 2. Changing trends in the ratios of specimens reported as a positive culture result, limited identification, and further request for specific identification.

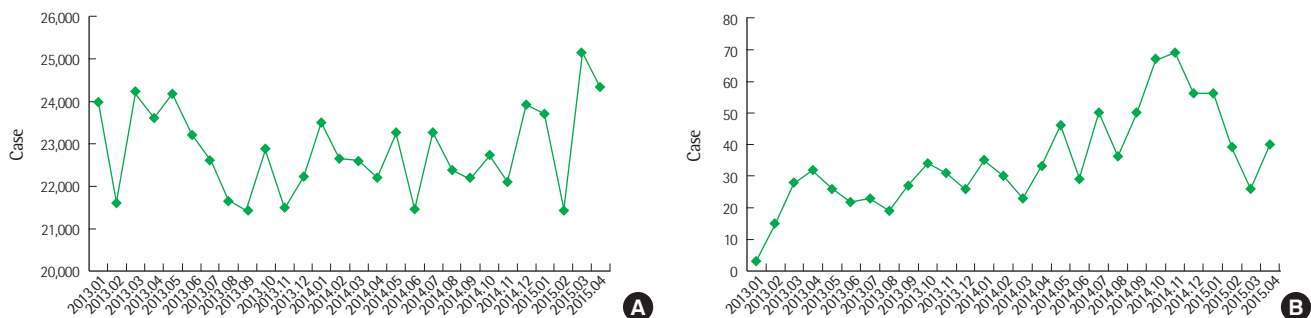


Fig. 1. Statistics of numbers of specimen culture and requested consultations during the study period. (A) Monthly numbers of requests for total culture specimens to the clinical microbiology laboratory for identification and antimicrobial sensitivity testing. (B) Number of consultation requests to the clinical microbiology laboratory for specific identification, initially reported as limited identification.

수성 검사 추가 의뢰가 전체 971건 중 914건(94%)이었다(Table 1). 협진 검체의 종류는 혈액 280건(29%), 상처 248건(26%), 호흡기 229건(24%), 소변 136건(14%)의 순서이었다. 협진의 대부분은 회신 되었으나, 94건(10%)은 해당 검체의 보관 기한을 넘겨서 검체가 폐기되었거나 계대 배양한 균주가 증식되지 않는 등의 이유로 회신 할 수 없었다(Table 2).

미생물 검체 배양의 회신 시간은 2013년도 1분기부터 점차 감소 하다가 2014년 1월 증가한 뒤 다시 감소 추세를 보였다(Fig. 3A). 협진 회신 시간은 최소 3시간에서 최대 34시간(평균 15시간)이 걸렸 으며, 대체적으로 감소하는 경향이였다(Fig. 3B).

의뢰된 협진의 미생물 종류는 세균이 613건(75%)으로 가장 흔 하였고, 진균(331건, 35%)과 바이러스(3건, <1%)도 포함되었다. 세균의 추가동정은 staphylococci, streptococci 및 enterococci 등 그람양성알균(307건, 32%)과 *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa* 등의 그람음성막대균(273건, 29%) 의뢰가 많았다. 진균의 경우 효모균 이 322건(34%), 사상균이 9건(1%)을 차지하였다. 효모균은 *Candida albicans*, *Candida tropicalis*, *Candida parapsilosis*, *Candida glabrata*, *Candida lusitaniae*, *Candida famata*, *Candida krusei* 등이었다. 사상균은 *Aspergillus* sp.가 가장 흔하였다. 바이러스는 모두 Cytomegalovirus 에 관한 협진의뢰이었다.

## 고찰

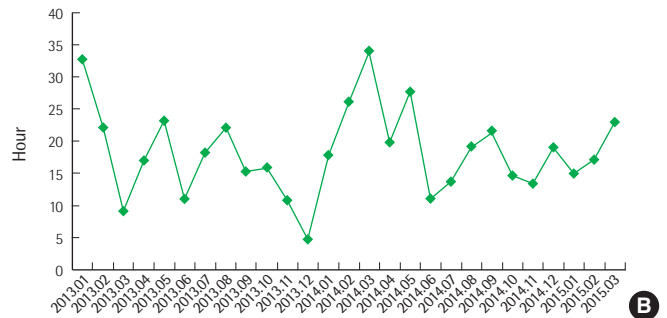
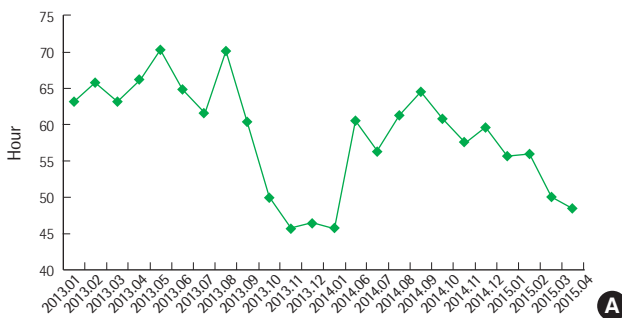
임상 검체에서 미생물 세부 동정과 항균제 감수성 검사 기준은 검사실 지침 개정과 함께 계속 변화하고 있다. 또한 이는 임상미생물 검사실 업무에도 큰 영향을 주고 있다. 임상 검체에서 배양된 미생물은 임상적으로 중요한 병원균일 수 있으나 단순 집락균인 경우도 있다. 균종 동정과 이에 따른 항균제 감수성 검사는 병원균 인 경우는 필요하나, 단순 집락균에서는 불필요하다. 최근 개정된 미생물 검사 지침에서도 검체의 질이 불량하거나 단순 집락균이 의심되는 경우 최소 동정으로 검사를 마무리하도록 권장하고 있다[3]. 그러나 병원균을 간략 동정으로 종료하는 경우 임상에 필요한 정보가 누락될 위험이 있다. 본원에서는 검사 지침서의 참고문헌인 Clinical microbiology procedures handbook 3rd Edition [3]의 개정 내용을 기준으로 2013년 9월부터 추가 동정 및 항균제 감수성 검사가 임상적으로 필요한 경우 협진을 통해 이루어지도록 업무 지침을 변경하였다. 주요 골자는 하부 호흡기와 농검체 배양에서 세부 동정으로 모든 결과를 보고하던 과거와 달리 세부동정

**Table 1.** Reasons for consultation requests to the clinical microbiology laboratory

Consultation Topics	Number	%
Bacterial identification	36	3.7
Antimicrobial sensitivity test	325	33.5
Both bacterial identification and antimicrobial sensitivity test	553	57.0
Others	57	5.9
Antimicrobial synergy test	18	
Additional antimicrobial sensitivity test	17	
Request for not established test	8	
Information about cultured microbes	7	
Request for additional culture	3	
Interpretation of laboratory data	2	
Information about proper antibiotics	2	
Total	971	100

**Table 2.** Classification of consultation requests to the clinical microbiology laboratory that could not be answered

Reason for not being settled	Number	%
Specimen storage period expired	42	44.7
No growth of microbes in subculture	20	21.3
No need to perform the requested examination	11	11.7
Not established examination in the laboratory	11	11.7
Patient discharged or expired	9	9.6
Contamination of the specimen	1	1.0
Total	94	100



**Fig. 3.** Trends of turnaround time during the study period. (A) Changing turnaround time of specimen culture requests to the clinical microbiology laboratory. (B) Changing turnaround time of consultation requests to the clinical microbiology laboratory.

기준에 해당하지 않는 경우는 간략 동정으로 보고하고, 임상에서 협진 의뢰하는 경우 세부동정을 시행하는 것이었다.

개정된 업무지침을 구체적으로 살펴보면, 하부 호흡기 검체 배양의 경우 부적합 검체로 분류되면 definite pathogen 외에는 세부 동정 및 항균제 감수성 검사를 시행하지 않았고, 적합 검체이더라도 Gram-negative nonfermentative bacilli (GNFB), Enteric Gram-negative rods와 *Staphylococcus aureus*의 경우 증식 정도가  $<10^3$  CFU/mL 이하이면서 normal microbiota 보다 적다면 간략 동정으로 결과 보고하도록 하였다(단, methicillin-resistant *S. aureus*의 가능성을 먼저 배제하였으며, Group A *Streptococcus*, *Pseudomonas aeruginosa*의 경우는 normal flora 여부와 상관없이 항상 동정 및 항균제 감수성 검사를 실시하였다).

농(pus) 검체 배양 개정안의 경우, 그람 염색에서 다핵형 백혈구가 관찰되지 않거나 중등도 이상의 상피 세포가 발견될 경우 부적합 검체로 간주하였다. 이러한 경우 definite pathogen에 해당하여 항상 동정 및 항균제 감수성 검사를 시행하기로 되어 있는 세균에 대해서만 보고하고, 그 이외에는 간략 동정으로 마무리하였다. 또한 적합한 검체라 하더라도, 3종 이상의 세균이 자란 경우 가장 우세한 균종 1개만 동정 및 항균제 감수성 검사를 시행하고, 그 외의 균종에 대해서는 간략 동정으로 마무리하도록 하였다.

본 연구에서는 이러한 임상 미생물 검사실 지침 변경으로 인한 협진 및 검사실 업무량 변화를 조사하였다. 연구 기간 동안 협진 의뢰 환자의 남녀 비율은 비슷하였고, 감염 질환군을 가진 환자에 대해 내과에서 의뢰하는 비율이 컸다. 협진 의뢰 건수는 2013년도 1월부터 2014년 11월까지 꾸준한 증가 추세를 보였으며, 특히 2013년 9월부터 큰 폭으로 증가하였다. 이는 개정된 지침을 기반으로 한 간략 동정이 본격 도입되어, 임상적으로 의심되는 경우만 협진을 통해 추가 검사를 진행하는 업무 흐름이 정착하였기 때문으로 판단된다.

협진 목적은 간략 동정 보고된 미생물에 대한 세부 동정과 항균제 감수성 검사 의뢰가 대부분을 차지하였다. 그 밖으로는 CLSI 기준에 포함되지 않아서 감수성 검사가 시행되지 않은 균주에 대한 추가 감수성 검사 요청이 많았다. 또한 항균제 상승작용 검사의 의뢰가 18건(1.8%) 있었다. 그리고 배양된 균종의 임상적 의미 및 균종별 항균제 감수성 검사 결과에 따른 적절한 항균제 선택과 투여에 대한 문의 등도 포함되었다.

간략 동정 검체에 대한 세부 동정 협진 의뢰 비율은 최초 0%에서 5%까지 점차 증가 추세를 보였다. 이는 협진을 통한 세부 동정이라는 시스템이 잘 정착되었으며, 또한 2014년 초 도입된 Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS)를 이용한 신속 동정이 세부 동정을 위한 협진에 긍정적 영향을 준 것으로 판단된다[7]. 형태학적 및 생화학적

방법을 이용한 예전과 달리 MALDI-TOF MS를 이용한 신속한 세부 동정을 통하여 동정 결과를 보다 적시에 치료에 반영할 수 있게 되었다.

비록 월간 미생물 검체 배양 의뢰 건수는 전체적으로 비슷하였지만, 업무의 효율성을 나타내는 지표인 회신 시간(TAT)은 2014년 초 MALDI-TOF MS 도입 초기 시스템 정착 기간 동안 일시적으로 증가한 것을 제외하면 대체적으로 감소하는 추세를 보였다. 또한 협진의 회신 시간도 전체적으로 감소하는 경향이었다. 2014년 5월에 미생물 검사실의 근무 인원 감소가 있었던 점까지 고려한다면, 검사실 업무 지침 변경 및 관련된 협진을 이용한 검사실 업무 효율의 증대가 이루어졌음을 추정할 수 있었다.

이처럼 임상 미생물 검사실에서 협진을 활용한 업무 효율 증대를 이루기 위해서는 다음과 같은 점들이 함께 고려되어야 한다. 배양 및 균종동정, 항균제 감수성 시험의 전반적 흐름에 대한 협진 의뢰과의 이해가 부족하여 불필요하거나 중복된 검사를 의뢰하거나 검체 보관 시한을 초과하여 의뢰하는 경우가 간혹 발생하였다. 따라서 임상과의 지속적인 교류를 통하여 미생물 검사실 업무에 대한 이해도를 높이는 것이 필요하다. 또한 빈도가 드문 균종에 대한 임상적 의미 및 치료 방법을 문의하는 협진에 대하여는 병인성, 정상 세균총 혹은 오염 가능성에 대한 주석을 검사 결과에 포함하는 것이 고려될 수 있다.

현재까지 임상 미생물 검사실로 의뢰된 협진과 검사실의 업무 지침 변경 및 그에 따른 업무 효율화에 대한 분석은 보고된 바 없었다. 비록 본 연구는 단일 병원을 대상으로 한 후향적 조사이어서 모든 미생물 검사실에 일반적으로 적용하기는 어렵지만, 검사실 업무 효율화를 위해 협진을 활용한 중요한 기초 자료가 될 수 있을 것이다.

## 요 약

**배경:** 면역 저하에 의한 기회 감염이 늘어나고, 균주의 내성이 널리 퍼지면서, 균의 신속한 동정 및 정확한 항균제 감수성 검사 등 임상 미생물 검사실의 역할이 예전보다 더 대두되고 있다. 이에 따라 검사실 업무량이 증가하였고, 본 검사실에서는 간략 동정을 업무 지침에 반영하였다. 현재 세부 동정과 추가 항균제 검사는 협진을 통해 이루어진다. 본 연구에서는 임상 미생물 검사실로 의뢰된 협진 분석 및 검사실 지침 변경을 통한 업무의 효율성 증대에 대하여 후향적으로 고찰하였다.

**방법:** 2012년도 1월부터 2015년도 4월까지 한 대학 병원의 진단검사의학과 임상 미생물 검사실에 의뢰된 협진 자료를 수집하였다. 협진의 특성 및 검사실 업무 지침 변경에 따른 업무 효율의 변화를 해석하였다. 업무의 효율성을 평가하기 위해, 협진 및 미생물 배양



검사 회신 시간을 분석하였다.

**결과:** 연구 기간 동안 의뢰된 총 협진 건수는 971건이었다. 남녀 비율은 각각 56.4%, 43.6%였으며 평균 연령은 54.9세였다. 협진 의뢰는 감염 질환군을 가진 내과 환자에서 의뢰되는 경우가 가장 많았다. 주된 협진 의뢰 목적은 세부 동정과 추가 항균제 감수성 검사 의뢰였다. 협진 건수는 꾸준히 증가하였고, 협진과 미생물 배양 검사 회신 시간은 대체적으로 감소 추세를 보였다.

**결론:** 업무 지침 변경과 협진 활용을 통하여, 임상 미생물 검사실의 미생물 동정 및 항균제 감수성 검사와 관련한 업무 효율을 높일 수 있음이 본 연구에서 확인되었다. 본 연구는 업무 지침 변경을 기반으로 한 미생물 검사실 업무 효율화를 위한 기초 자료가 될 수 있을 것이다.

## REFERENCES

1. Abbott M, Paulin H, Sidhu D, Naugler C. Laboratory tests, interpretation, and use of resources: a program to introduce the basics. *Can Fam Physician* 2014;60:e167-72.
2. Benson ES. The responsible use of the clinical laboratory. *Clin Biochem* 1986;19:262-70.
3. Garcia et al. *Clinical microbiology procedures handbook*. 3rd ed. Washington DC, ASM Press, 2010.
4. Ryu SM, Byun JY, Choi YW, Choi HY. Clinical features of dermatology-consulted inpatients - focus on the differences between individual departments. *Korean J Dermatol* 2014;52:215-21.
5. Lee HY, Go SE, Son SH, Kim MK, Lee GH, Hyun MS. Inpatient consultations by the hematology department over a 1-year period. *Korean J Med* 2009;76:578-83.
6. Clinical and Laboratory Standards Institute. Performances standards for antimicrobial susceptibility testing. Twenty-fifth Informational supplement, M100-S25. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015.
7. Kim TS, Lee K, Hong YJ, Hwang SM, Park JS, Park KU, et al. MALDI-TOF MS: its application in the clinical laboratory and a paradigm shift in clinical microbiology. *Lab Med Online* 2015;5:176-87.