



# 병동 간호사 대상의 다각적 중재가 배양검사 검체의 보관과 상태 및 운송에 미치는 영향

조민정<sup>1</sup> · 정재심<sup>2</sup> · 김윤희<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울아산병원 간호부, <sup>2</sup>울산대학교 산업대학원 임상전문간호학

## Effect of Multifaceted Interventions for Ward Nurses on the Storage, Conditions, and Transportation of Specimens for Microbial Culture

Cho, Min Jung<sup>1</sup> · Jeong, Jae Sim<sup>2</sup> · Kim, Yoon Hee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Nursing, Asan Medical Center, Seoul; <sup>2</sup>Department of Clinical Nursing, Graduate School of Industry, University of Ulsan, Seoul, Korea

**Purpose:** The purpose of this study was to provide multifaceted interventions for nurses and to confirm changes in their knowledge, perception, and actual practice on the adequate storage, conditions, and transportation of culture specimens. **Methods:** A one-group pretest-posttest experimental design was conducted with 41 nurses in two general wards of a tertiary acute care hospital in Seoul. Multifaceted interventions including education, feedback, posting guidelines and reminders, and improvement in specimen management accessibility were provided from May 2019 to January 2020. Outcomes were measured before and after the interventions. Knowledge and perception of the nurses were evaluated using self-reported questionnaires and actual practice by observation. **Results:** After the interventions, the average knowledge score on transportation time was significantly increased ( $Z = -4.89, p < .001$ ). However, the knowledge score on storage methods was not significantly increased. The perception score was significantly increased ( $t = -3.19, p = .003$ ). The proportion of specimen storage times, places, and conditions managed properly was significantly increased from 43.0% (46/107) to 77.1% (84/109) ( $p < .001$ ). The average transportation time of blood samples to the laboratory significantly decreased from 3 hours 36 minutes ( $\pm 1$  hour 52 minutes) to 3 hours 1 minute ( $\pm 1$  hour 41 minutes) ( $t = 2.51, p = .013$ ). The percentage of blood culture specimens arriving within 2 hours was increased significantly from 22.9% to 39.2% ( $\chi^2 = 6.90, p = .009$ ). **Conclusion:** The interventions were effective. However, some specimens remained in the ward longer than expected after the interventions. This requires further interventions.

**Key Words:** Specimen handling; Transportation; Nurses; Microbial culture

국문주요어: 검체 관리, 운송, 간호사, 미생물 검사

Corresponding author: Jeong, Jae Sim

Department of Clinical Nursing, Graduate School of Industry, University of Ulsan, 88 Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Korea  
Tel: +82-2-3010-5311 Fax: +82-2-3010-5332 E-mail: jsjeong@amc.seoul.kr

Received: January 12, 2022 Revised: February 19, 2022 Accepted: May 17, 2022

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

## 서론

### 1. 연구의 필요성

임상에서 미생물 배양검사의 결과는 검체의 질에 의해 좌우되므로, 최적의 분석을 위해서는 검체를 적절하게 선택하여야 하고 제 시간에 검사실로 운송하여야 한다. 미생물 배양검사 결과가 신속하게 제공되면 항생제 변경이 적절하게 수행되어 임상 결과가 향상되고 항생제 사용 및 비용 감소로 경제적으로도 이익이 되므로[1,2], 임상에서 배양검사 검체의 질 관리와 지침 준수는 매우 중요하다.

임상 검체의 보관과 운송 실태를 조사한 국내외 선행연구[3,4,6-8]를 살펴보면, 의료인의 임상 검체나 배양검사 검체 관리에 대한 지식과 실무는 적절하지 않은 경우가 많았다. 국내 일개 종합병원의 임상병리 검체 보관과 운송에 대한 중재 연구에서 간호사의 임상 검체의 검체 보관과 운송에 대한 지식 점수가 중재 이전에 100점 만점에 40점으로 낮았다[3]. 국내 여러 병원의 의사를 대상으로 소아 혈액배양검사의 실태를 조사한 연구에서 소아감염 전문의의 23.3%, 신생아 전문의 13.5%가 혈액배양 검체를 어떻게 보관하는지 모른다고 응답하였다[4]. 혈액배양검사는 실온에서 2시간 이내에 혈액배양기에 투입되어야 하나[5], 국외에서 실시된 혈액배양검사 검체의 운송 지연과 관련한 선행연구에서는 평균 운송시간이 3.5시간[6], 9시간[7], 4시간[8]으로 보고되었다.

국내에서는 임상 검체를 다루는 의사, 간호사, 임상병리사를 대상으로 검체 채취 과정에서 발생하는 오류를 감소시키기 위한 질 향상 활동을 시행하여 임상 검체의 부적절한 보관과 운송 비율이 감소하였고, 모든 직종에서 검체 보관과 운송 관련 지식점수가 증가하였다[3]. 혈액배양검사의 질 향상 연구에서는 인턴 대상 교육과 운송 지연율이 높은 병동 대상의 피드백 및 중재를 통해 운송 지연율을 감소시켰고[9], 국외 연구에서는 혈액배양기를 검사실 외부에 배치하여 배양기에 검체가 투입되는 시간을 감소시켰다[10]. 선행연구는 혈액배양검사만을 대상으로 하거나[9,10] 전체 임상 검체의 채취 과정에서 발생하는 오류 감소를 위한 질 향상 활동으로[3], 환자의 항생제 사용에 중요한 지표가 되는 여러 종류의 배양 검체의 관리에 대해 집중적으로 조사 및 중재를 시행한 연구는 찾을 수 없었다.

연구대상병원에서는 간호사가 병동의 모든 배양검사 검체의 채취부터 보관, 검사실 운송까지의 과정을 관리한다. 검체의 질 향상은 의사, 간호사, 임상병리사 모두의 업무이지만[11] 병동에서 검체가 부적절하게 보관되어 있거나 이송이 지연되고 있는 상황을 가장 잘 관리할 수 있는 의료인은 간호사이다. 특히 보관 상태와 이송 시간이 검사 결과에 큰 영향을 미치는 배양검사 검체를 간호사가 관심을 가지고 관리하는 것은 매우 중요하다. 이에 본 연구는 병동에

서의 검체 관리에 주된 역할을 담당하는 병동간호사를 대상으로 배양검사 검체의 보관과 운송 실무를 개선시켜 배양검사 검체의 질 향상을 도모하고자 하였다.

### 2. 연구의 목적

병동 간호사를 대상으로 다각적인 중재를 제공하고 중재 전후로 병동에서의 배양검사 검체 관리에 대한 지식과 인식 및 적절한 검체 보관과 운송 실무의 변화를 확인하고자 하였다.

## 연구 방법

### 1. 연구설계

배양검사 검체 관리에 대한 다각적 중재가 병동 간호사의 검체 관리 지식과 검체 관리 실무에 미치는 영향을 확인하기 위한 단일 군 전후 실험연구이다.

### 2. 연구대상

서울 시내에 소재하고 있는 2,700여 병상 규모의 상급종합병원인 A병원을 대상으로 하였다. 연구 대상 병원에서 배양검사 검체가 발생하면 간호사가 병원 전산프로그램을 통해 검체 관리 지침을 확인하여 검사실로 운송하거나 검사실 접수가 안되는 시간일 경우 병동에 보관한다. 검체는 기송관을 통한 운송이 가능하며, 검체가 켈 우려가 있거나 감염 위험이 높은 검체의 경우에는 병동 또는 병동 공동 보조 인력이 직접 검사실로 운송한다. 모든 배양검사는 병원 소속 진단검사의학과 미생물검사실에서 시행된다.

연구 대상자는 직접 환자 간호에 참여하는 내과병동 간호사 23명과 신경과 중환자실 간호사 25명이었고, 입사한 지 3개월 미만의 신규간호사, 수간호사 및 전문간호사는 제외하였다. 중재 전 대상자는 48명이었으나 부서이동 및 퇴사로 인해 중환자실은 4명, 병동은 3명, 총 7명의 대상자가 탈락하여 최종 41명이 연구에 참여하였다.

연구 대상자 수는 G\*Power 3.1 프로그램을 사용하여 paired t 검정에 필요한 최소표본 크기를 구하였다. 유의수준은 .05, 검정력 .09, 중간 효과크기 .50을 적용하여 44명이었다. 배양검사 검체 관리 실무와 혈액배양검사 운송시간의 중재 전후 변화를 확인하기 위한 관찰 건수는 G\*Power 3.1 프로그램을 사용하여 chi-square 검정에 필요한 최소표본 크기를 구하였다. 유의수준은 .05, 검정력 .80, 중간 효과크기 .30을 적용하여 88건이었으므로 20.0%의 탈락률을 고려하여 중재 전과 후 각각 105건 이상의 관찰을 실시하였다.

### 3. 연구도구

연구도구는 3가지로 간호사 대상의 자가보고 설문지와 검체 관리에 대한 관찰도구, 혈액배양검사의 검사실까지의 운송시간 확인용 체크리스트로 구성되었다. 연구자가 초안을 개발한 후 감염관리간호사 2인, 감염관리 전공 교수 1인, 임상병리사 1인에게 내용타당도를 확인하였고, 연구 대상 병동이 아닌 타 병동의 간호사 5명을 대상으로 문항 내용의 적절성과 이해도를 확인하여 최종 수정하였다.

#### 1) 자가보고 설문지

##### (1) 대상자 특성

나이, 성별, 결혼 상태, 최종 학력, 근무지, 직책, 임상경력 및 병원 입사 후 배양검사 검체 관리 교육 유무(중재 전)로 구성되었다.

##### (2) 배양검사 검체 관리에 대한 인식

Moos [12]의 Working Environment Scale (WES)을 참고하여 수정, 개발한 5가지 문항으로 배양검사 검체 관리 지침의 구체성, 검체 보관과 운송의 중요성, 검체 수거 인력과 수거 효율성에 대한 5가지 항목으로 구성되었다. 각 항목은 Likert 4점 척도를 이용하여 '매우 그렇다' 4점에서 '매우 그렇지 않다' 1점으로, 지침, 검체 보관과 운송에 대한 항목은 점수가 높을수록 인식이 높은 것을 의미하였다. 이 연구에서의 Cronbach's  $\alpha$  값은 .72였다.

##### (3) 배양검사 검체 관리에 대한 지식

검체 관리에 대한 지식 문항은 연구대상 병원의 배양검사 검체 관리 지침의 내용을 기준으로 하여 개발하였으며 검체 보관 방법에 대한 지식과 검사실까지의 검체 운송 시간에 대한 지식으로 구성되었다. 혈액, 객담, 소변, 대변(직장 도말 포함), 뇌척수액(세균), 뇌척수액(바이러스), 복수와 흉수, 비강 도말 검체의 보관방법에 관한 8문항과 검사실까지의 운송시간은 대변과 직장 도말을 각각 구분하여 9문항으로 구성하여 총 17문항이었다. 보관방법은 '실온, 냉장, 모른다' 3개의 답가지가, 이송시간은 '즉시, 30분, 1시간, 2시간, 4시간, 24시간, 모른다' 7개의 답가지가 주어졌다. 맞은 답은 1점, 틀렸거나 모른다고 답한 경우는 0점으로 처리하였고 총점의 점수가 높을수록 지식이 높은 것을 의미하였다. 자유응답식 1문항은 배양검사 검체의 적절한 관리를 위한 의견을 묻는 문항으로 구성되었다. 본 연구에서의 검체 관리에 대한 지식 문항의 신뢰도는 Kuder-Richardson Formula 20 (KR 20)로 계산하여 .75이었다.

#### 2) 배양검사 검체 관리 실무 적절성 관찰 도구

혈액, 객담, 소변, 대변, 뇌척수액, 복수, 흉수, 비강 도말법을 대상

으로 날짜, 장소, 관찰자, 검체 종류, 적절성 유무, 부적절 사유로 구성된 배양검사 검체 관리 실무 적절성 체크리스트를 개발하였다. 각 배양검사 검체는 연구대상 병원의 지침에 따라 보관시간, 보관장소, 보관상태가 모두 적절할 때를 적절하다고 하였고, 하나라도 부적절 시에 부적절하다고 하고 그 사유를 기록하도록 하였다. 모든 검체는 기송관으로 운송 시에는 즉시 검사실에 도착하고, 인편으로 직접 검사실에 검체를 내릴 때는 중환자실의 경우 10분 이내, 병동의 경우 30분 이내에 도착한다. 실무 적절성 관찰 시 연구자 1인이 병동 1개의 모든 배양 검체의 검사실 도착까지의 시간을 확인하기가 어려운 제한점이 있어 검체의 채취부터 병동에서 검체가 내려가기 직전까지의 보관시간을 채취부터 검사실 도착까지의 운송시간으로 간주하여 적절성 여부를 판단하였다.

#### 3) 혈액배양검사 운송 시간 체크리스트

24시간 접수가 가능하며 신속한 검사가 필요한 혈액배양 검체를 대상으로 추가적으로 채취부터 미생물 검사실에 도착하는 실제 시간을 확인하고, Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI)와 연구대상병원의 검체 관리 지침에 근거하여 검사실까지 2시간 이내에 도착하는 검체의 건수를 확인하였다[5,13]. 혈액배양검사를 대상으로 날짜, 채취장소(병동 또는 중환자실), 검체 번호, 채취시간, 접수시간, 채취부터 접수시간까지의 총 소요시간으로 체크리스트를 개발하였다. 혈액배양검사 검체는 호기성과 혐기성 1쌍을 1건으로 집계했으며, 2시간 내에 검사실에 도착하면 운송 지연이 없는 것으로 판단하였다.

### 4. 중재 활동

중재 활동은 다각적 중재로 Lee [3]와 Bang 등[9]의 연구를 참조하여, 교육, 사전조사 결과 피드백, 지침 및 주의표지(reminder) 게시, 검체 관리 접근성 향상으로 구성하였으며, 세부내용은 다음과 같다.

#### 1) 교육

중재 전 시행한 지식과 인식 설문 결과를 참고하여 배양검사 검체 관리의 목적과 중요성, 검체별 관리 방법에 대한 파워포인트 교육자료를 개발하였다. 2019년 10월부터 11월까지 연구자가 25명의 간호사들에게 약 10분간 1:1 또는 1:2의 개별교육을 시행하였고 개별교육을 시행하지 못한 16명의 간호사들에게는 10월부터 3개월간 간호사 스테이션에 개별교육에 사용한 동일 교육자료를 비치해 자가학습 할 수 있도록 하였다.

## 2) 사전조사 결과 피드백

중재 전 조사한 배양검사 검체 관리의 적절성 결과와 혈액배양검사의 운송시간 결과를 각 검체별로 표와 막대 그래프로 정리하고, 부적절했던 관리 사례의 원인, 해결방안, 관리방법을 병동 공지노트에 기록하여 2019년 11월 근무 교대 시간을 이용하여 전번 근무 책임간호사가 병동 간호사들에게 3일간 피드백하였다.

## 3) 지침 및 주의표지(reminder) 게시

연구대상 병원의 배양검사 검체 관리 지침은 병원 전산프로그램의 “검사코드 임상정보” 화면에 게시되어 있으며 다음과 같다[13]; 객담과 소변 배양 검체는 상온에서 2시간 이내, 비강 도말 배양검사는 4시간 이내에 검사실로 운송하고, 그 이상 지체되면 냉장보관해야 한다. 복수와 흉수 배양 검체는 상온에서 30분 이내에 혐기성 상태를 유지하여 운송되어야 하고 그 이상 지체되면 냉장보관해야 한다. 대변 배양 검체는 상온에서 1시간 이내에, 직장 도말 대변 배양 검체는 상온에서 2시간 이내에 검사실로 운송하며, 그 이상 지체되면 냉장보관해야 한다. 혈액배양 검체와 세균배양 목적의 뇌척수액 검체는 냉장보관해서는 안 되며, 미생물 검사실에서 24시간 접수가 가능하므로 상온에서 2시간 이내 검사실로 접수해야 한다. 바이러스 검출 목적의 뇌척수액 검체는 가능한 채취 즉시 검사실로 운반하며, 그렇지 못할 경우 냉장 보관해야 한다.

배양검사 검체는 정규시간(오전 8시 30분부터 오후 5시 30분까지)에는 모두 접수가 가능하나, 정규 시간 외에는 24시간 접수 가능한 혈액배양검사와 뇌척수액 배양검사, Gram stain을 제외하고는 병동에서 보관이 필요하다. 따라서 2019년 10월부터 24시간 접수 가능한 배양검사 항목과 혈액, 객담, 소변, 뇌척수액, 대변, 흉수, 복수, 비강 도말법 배양 검사 검체의 보관 방법을 정규 시간과 정규 시간 외로 나누어 2개의 표로 A4용지 크기에 정리하여 검체 보관 구역에 게시하였다.

중환자실의 경우 뇌척수액 검사 빈도가 높아 자주 시행하는 뇌척수액 검사 지침(검사 시행일, 검사 명, 검사코드, 운송 및 보관기준) 통합 자료를 A4용지 크기에 표로 정리하여 간호사 스테이션에 비치해 검체 채취 후 지체없이 보관 및 운송이 이루어질 수 있도록 하였다. 또한, 운송 지연 감소를 위해 검체 수거 구역에 혈액배양검사와 뇌척수액 검사의 빠른 운송의 중요성을 알리는 주의표지(reminder)를 게시하여 중요성을 인지할 수 있도록 하였다.

## 4) 검체 관리 접근성 향상

병동의 경우 검체 보관 냉장고의 위치가 환자 치료실 안에 있어 환자가 치료를 받는 동안 접근하기에 불편하고 검체 수거 장소와 거

리가 멀어 접근성이 낮아 냉장 보관이 필요한 검체가 상온에 오랫동안 보관되는 사례가 많았다. 중재 기간에 검체 보관 냉장고를 치료실에서 간호사 스테이션의 검체 수거 구역 가까이로 옮겨 접근성을 높였다.

## 5. 자료 수집

2019년 5월부터 6월까지 중재 전 자료수집을 시행하였고, 2019년 7월부터 9월까지 자료 분석과 교육 및 게시자료 개발 후 10월부터 11월까지 다각적인 중재활동을 적용하였으며, 2019년 12월부터 2020년 1월까지 중재 후 자료를 수집하였다.

간호사의 배양검사 검체 관리에 대한 지식과 인식은 중재 전과 후 총 2번 자가보고형 설문지를 사용하여 측정하였고, 설문지는 일주일 동안 중재 전 48명, 중재 후 41명에게 각 부서의 근무 교대시간을 이용하여 연구자가 연구 대상자들을 만나 질문지를 제공하고 대상자가 질문지를 작성한 후 바로 수거하였다.

배양검사 검체 관리 실무의 적절성을 관찰하기 위해 연구자 2인이 연구대상 병원의 배양검사 검체 관리 지침을 숙지한 후 1개의 중환자실과 1개의 병동을 각각 방문하였다. 중재 전과 후 평일 2명의 연구자가 약 6주간 부정기적으로 2-3일마다 각각 1개 병동을 불시에 방문하여 30분에서 2시간 정도 병동에 체류하거나 혹은 병동 근무 중에 검체가 생길 때마다 검체 수거 장소에 보관되어 있는 배양검사 검체의 보관시간, 보관장소, 보관상태의 적절성과 부적절 사유를 확인하였다. 관찰 기간 동안 병동 간호사들에게 검체 채취 시간을 검체 바코드에 적도록 하여 보관시간이 적절한지를 관찰하였다. 중재 전과 후 각각 관찰 건수가 총 105건 이상을 충족 시 모니터링을 종료하여, 중재 전 107건, 중재 후 109건의 관찰을 수행하였다. 중재 전 총 관찰 건수 중 92건이 정규시간, 15건이 정규 외 시간에 관찰되었고, 중재 후 총 관찰 건수 중 57건이 정규시간, 52건이 정규 외 시간에 관찰되었다. 병동 당 관찰 일수는 각각 13일하였고, 1일 관찰 건수는 평균 5회 정도였다.

혈액배양검사 운송 시간을 확인하기 위해 중재 전과 후 관찰 기간 동안 간호사들에게 병동에서 혈액배양검사 시행 시 운송 시간 체크리스트에 날짜, 검체 번호, 채취시간을 기록하도록 하였다. 이후 2명의 연구자가 의무기록열람으로 해당 검체의 접수시간을 확인 후 총 운송 소요시간을 계산하였다. 중재 전과 후 각각 확인 건수가 총 105건 이상을 충족 시 모니터링을 종료하여 중재 전 5주, 중재 후 7주의 기간이 소요되었고, 중재 전 105건, 중재 후 120건의 자료를 수집하였다. 중재 전 총 혈액배양검사 건수 중 81건이 정규시간, 23건이 정규 외 시간에 발생하였고, 중재 후 총 건수 중 87건이 정규시간, 35건이 정규 외 시간에 발생하였다.

6. 자료 분석

수집된 자료는 SPSS 22.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였으며  $p < .05$ 일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 대상자의 특성은 빈도와 백분율, 평균과 표준편차를 이용하여 분석하였다. 인식과 지식 점수는 평균과 표준편차를 구하고 중재 전후의 평균점수는 paired t-test와 Wilcoxon signed rank test로 분석하였다. 중재 전후의 배양검사 검체 관리 실무 적절성은 Fisher's exact test를 이용하여 분석하였다. 혈액배양검사의 2시간 이내 운송 적절성은 전체 건수 중 운송시간이 2시간 이하인 검체 건수의 백분율로 계산하였고, 중재 전후의 2시간 이내 접수 비율 차이는 chi-square test로, 평균 운송시간의 차이는 independent t-test로 분석하였다. 연구도구의 신뢰도는 KR-20과 Cronbach's  $\alpha$ 로 산출하였다.

7. 윤리적 고려

A병원 임상연구심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인(과제 번호: 2019-0516)을 받은 후 연구대상병원의 간호부에 협조 공문을 보내 허락을 받고 자료를 수집하였다. 연구의 목적, 방법, 자료수집방법과 소요시간, 연구 참여와 철회의 자율성, 연구 참여 철회에 따른 불이익 없음, 수집된 자료의 비밀유지 등을 알린 후 자발적으로 참여에 동의한 연구대상자에게 설문조사를 시행하였고, 대상자의 정보보호를 위해 연구대상자의 식별정보는 삭제한 후 임의 번호를 부여하여 관리하였다. 수집된 자료는 보안이 유지되는 곳에 따로 저장하고 사용한 후 폐기하였다.

연구 결과

1. 대상자의 특성

대상자의 평균 연령은 27.66 ( $\pm 5.13$ )세였으며 20-29세가 33명(80.5%)으로 가장 많았다. 여성이 40명(97.6%)이었으며 결혼 상태는 미혼이 36명(87.8%)으로 많았다. 최종학력은 학사 39명(95.1%), 근무 부서는 일반 병동이 20명(48.8%), 중환자실이 21명(51.2%)이었다. 총 근무 경력은 평균 55.51 ( $\pm 61.30$ )개월이었고, 이 연구 이전에 배양검사 검체 보관 및 운송에 관한 교육을 받았는지에 대한 질문에 중재 전 13명(31.7%)이 교육을 받았다고 응답하였다(Table 1).

2. 대상자의 배양검사 검체 관리에 대한 지식

배양검사 검체의 채취부터 검사실 도착까지의 운송시간 지식은 총 9개의 문항으로 중재 전 평균 정답 개수는 1.20 ( $\pm 1.12$ )개에서 중재 후 평균 5.10 ( $\pm 3.20$ )개로 유의하게 증가하였으며( $Z = -4.89, p < .001$ ), 각 문항별 정답률은 중재 전 4.9%-31.7%로 전반적으로 낮았으나, 중재

Table 1. Demographic Characteristics of Subjects (N = 41)

Variables	Categories	n (%) or M $\pm$ SD
Age (yr)	20-29	33 (80.5)
	30-39	6 (14.6)
	$\geq 40$	2 (4.9)
		27.66 $\pm$ 5.13
Gender	Female	40 (97.6)
	Male	1 (2.4)
Marital status	Unmarried	36 (87.8)
	Married	5 (12.2)
Education	Associate	1 (2.4)
	Bachelor	39 (95.2)
	$\geq$ Master	1 (2.4)
Department	Ward	20 (48.8)
	ICU	21 (51.2)
Total clinical career (month)	< 12	8 (19.5)
	12-35	12 (29.3)
	$\leq 36$	21 (51.2)
		55.51 $\pm$ 61.30
Education on storage and transportation of culture test specimens before this study	Educated	13 (31.7)
	Not educated	28 (68.3)

M = Mean; SD = Standard deviation.

후 정답률이 39.0%-70.7%로 증가하였고, 모든 항목에서 중재 전후로 평균점수가 유의하게 증가하였다. 중재 전 배양검사 검체의 보관방법에 대한 지식은 중재 전 운송 시간에 대한 지식보다는 전반적으로 높았는데, 총 8개의 문항으로 평균 정답 개수는 중재 전 5.10 ( $\pm 1.85$ )개에서 중재 후 평균 5.78 ( $\pm 1.57$ )개로 유의한 차이가 없었다(Table 2). 각 문항별로 살펴보면 중재 전후 혈액( $Z = -7.75, p < .001$ ), 뇌척수액(세균) ( $Z = -2.50, p = .012$ ), 대변( $Z = -2.18, p = .029$ ), 비강 도말법 배양검사( $Z = -2.52, p = .012$ )의 평균점수는 중재 후 유의하게 증가하였으나, 소변, 뇌척수액(바이러스), 객담, 복수와 흉수 배양 검사의 평균점수는 유의한 차이가 없었다(Table 2).

3. 대상자의 배양검사 검체 관리에 대한 인식

배양검사 검체 관리에 대한 인식 점수는 중재 전 14.88 ( $\pm 1.99$ )점에서 중재 후 16.34 ( $\pm 2.41$ )점으로 통계적으로 유의하게 증가하였다( $t = -3.19, p = .003$ ). 근무하는 병원이 배양검사 검체의 보관과 운송에 대한 구체적인 지침을 제시하고 있는지에 대해 중재 전 29.3% (12/41명)가 동의하지 않는다고 답하였으나, 중재 후 7.3% (3/41명)만이 동의하지 않는다고 답하였고, 인식 점수도 유의하게 증가하였다( $Z = -3.04, p = .002$ ). 검체 수거 인력이 충분한지에 대해 중재 전 63.4% (26/41명)가 동의하지 않는다고 답하였으며, 중재 후에는 39.0% (16/41명)가 동의하지 않는다고 답하였고, 이에 대한 인식 점수도 유의하게 증가하였다( $Z = -2.62, p = .009$ ). 배양검사 검체 수거가 효율적으로 이루어지고 있는지에 대해 중재 전 53.7% (22/41명)가 동의하지

**Table 2.** Knowledge Scores Regarding Transport Time and Storage Method of Culture Test Specimens

(N = 41)

Item	No. of correct answers for transport time n (%)			No. of correct answers for storage method n (%)		
	Before	After	Z (p)	Before	After	Z (p) or t (p)
Blood culture	6 (14.6)	29 (70.7)	-4.60 (< .001)	24 (58.5)	39 (95.1)	-7.75 (< .001)
Urine culture	7 (17.1)	27 (65.9)	-4.08 (< .001)	32 (78.0)	32 (78.0)	0.00 (< .999)
Cerebrospinal fluid for bacterial culture	4 (9.8)	21 (51.2)	-3.55 (< .001)	22 (53.7)	32 (78.0)	-2.50 (.012)
Cerebrospinal fluid for virus detection	13 (31.7)	29 (70.7)	-3.27 (.001)	17 (41.5)	26 (63.4)	-1.96 (.050)
Sputum culture	4 (9.8)	26 (63.4)	-4.16 (< .001)	34 (82.9)	37 (90.2)	-1.00 (.317)
Stool culture	6 (14.6)	16 (39.0)	-2.36 (.018)	27 (65.9)	36 (87.8)	-2.18 (.029)
Rectal swab culture	3 (7.3)	23 (56.1)	-4.26 (< .001)	NA	NA	NA
Ascites and pleural fluid culture	2 (4.9)	20 (48.8)	-4.03 (< .001)	29 (70.7)	32 (78.0)	-0.78 (.44)
Nasal swab culture	4 (9.8)	18 (43.9)	-3.74 (< .001)	24 (58.5)	35 (85.4)	-2.52 (.012)
Total No. of correct answers, M ± SD	1.20 ± 1.12	5.10 ± 3.20	-4.89 (< .001)	5.10 ± 1.85	5.78 ± 1.57	-1.78 (.082) <sup>†</sup>

<sup>†</sup>paired t-test.

NA = Not applicable; M = Mean; SD = Standard deviation.

**Table 3.** Perceptions Related to Storage and Transportation of Culture Test Specimens

(N = 41)

Items	Before intervention n (%)					After intervention n (%)					Z (p) or t (p)
	Strongly disagree (1)	Disagree (2)	Agree (3)	Strongly agree (4)	M ± SD	Strongly disagree (1)	Disagree (2)	Agree (3)	Strongly agree (4)	M ± SD	
The hospital where you work provides precise guidelines for the storage and transportation of culture test specimens	0 (0)	12 (29.3)	24 (58.5)	5 (12.2)	2.83 ± 0.63	0 (0)	3 (7.3)	25 (61.0)	13 (31.7)	3.24 ± 0.58	-3.04 (.002)
Proper storage of culture test specimens is important for accurate diagnosis.	0 (0)	1 (2.4)	17 (41.5)	23 (56.1)	3.54 ± 0.55	0 (0)	0 (0)	11 (26.8)	30 (73.2)	3.73 ± 0.45	-1.79 (.074)
Proper transportation of culture test specimens to the laboratory in a timely manner is important for accurate diagnosis	0 (0)	0 (0)	16 (39.0)	25 (61.0)	3.61 ± 0.49	0 (0)	0 (0)	10 (24.4)	31 (75.6)	3.76 ± 0.44	-1.6 (.109)
There are sufficient human resources to collect culture test specimens from the hospitals in which you work	1 (2.4)	25 (61.0)	13 (31.7)	2 (4.9)	2.39 ± 0.63	1 (2.4)	15 (36.6)	17 (41.5)	8 (19.5)	2.78 ± 0.79	-2.62 (.009)
Collection of culture test specimens in the hospitals where you work is very efficient	0 (0)	22 (53.7)	17 (41.5)	2 (4.9)	2.51 ± 0.60	1 (2.4)	15 (36.6)	15 (36.6)	10 (24.4)	2.83 ± 0.83	-2.02 (.044)
Total					14.88 ± 1.99					16.34 ± 2.41	-3.19 (.003) <sup>†</sup>

<sup>†</sup>paired t-test.

M = Mean; SD = Standard deviation.

않는다고 답하였고, 중재 후에는 39.0% (16/41명)이 동의하지 않는다고 답하였고, 인식 점수도 유의하게 증가하였다( $Z = -2.62, p = .044$ ). 정확한 진단을 위해 배양검사 검체를 적절하게 보관하고 적절한 시간 내에 검사실로 운송하는 것이 중요하냐는 물음에는 중재 전 각각 97.6%, 100.0%가 동의하였고, 중재 후에도 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 3).

#### 4. 배양검사 검체 관리 실무 적절성

중재 전 배양검사 검체 관리 실무의 적절성 비율은 43.0% (46/107건)에서 중재 후 77.1% (84/109건)로 유의하게 증가하였다( $p < .001$ ). 검체 별로 중재 전후의 적절성 비율을 살펴보면, 객담배양 검사는

52.2%에서 93.8%로( $p = .012$ ), 대변배양 검사가 6.3%에서 37.5%로( $p = .019$ ), 뇌척수액 배양검사가 25.0%에서 100.0%로( $p = .011$ ), 비강 도말 배양검사가 41.7%에서 86.7%로( $p = .005$ ) 적절성 비율이 유의하게 증가하였으며, 혈액, 소변, 복수 배양검사에서는 중재 전후로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

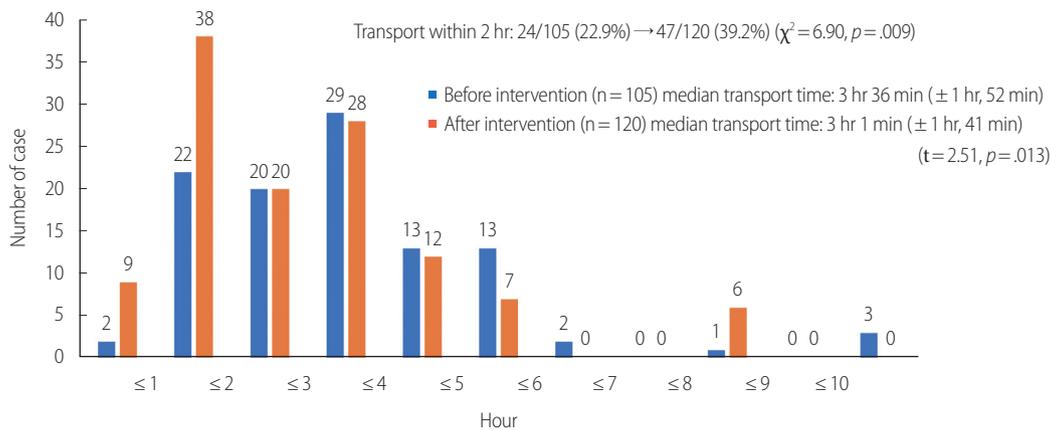
#### 5. 혈액배양검사 검체의 운송 소요시간

혈액배양검사 검체를 대상으로 채취부터 접수까지의 소요된 실제 시간을 총 225건 확인한 결과, 중재 전 검체의 채취부터 검사실 접수까지 소요되는 시간은 평균 3시간 36분(±1시간 52분)이었고, 중재 후에는 3시간 1분(±1시간 41분)으로 통계적으로 유의한 차이가

**Table 4.** Observation of Appropriateness of Culture Specimens Handling

Specimen	Before intervention (N = 107)				After intervention (N = 109)				p-value
	n (%)			Satisfied all three variables	n (%)			Satisfied all three variables	
	Storage time	Storage place	Storage condition		Storage time	Storage place	Storage condition		
Blood culture	6/14 (42.9)	13/14 (92.9)	14/14 (100.0)	6/14 (42.9)	34/49 (69.4)	49/49 (100.0)	49/49 (100.0)	34/49 (69.4)	.114
Sputum culture	12/23 (52.2)	17/23 (73.9)	23/23 (100.0)	12/23 (52.2)	15/16 (93.8)	16/16 (100.0)	16/16 (100.0)	15/16 (93.8)	.012
Urine culture	5/8 (62.5)	5/8 (62.5)	8/8 (100.0)	5/8 (62.5)	5/7 (71.4)	5/7 (71.4)	7/7 (100.0)	5/7 (71.4)	< .999
Stool culture	2/16 (12.5)	6/16 (37.5)	12/16 (75.0)	1/16 (6.3)	6/8 (70.5)	3/8 (37.5)	8/8 (100.0)	3/8 (37.5)	.019
CSF culture	3/4 (75.5)	1/4 (25.0)	4/4 (100.0)	1/4 (25.0)	10/10 (100.0)	10/10 (100.0)	10/10 (100.0)	10/10 (100.0)	.011
Pleural fluid culture	0/2 (0.0)	0/2 (0.0)	2/2 (100.0)	0/2 (0.0)	0	0	0	0	NA
Ascites culture	12/16 (75.0)	12/16 (75.0)	15/16 (93.8)	11/16 (68.8)	4/4 (100.0)	4/4 (100.0)	4/4 (100.0)	4/4 (100.0)	.530
Nasal swab culture	10/24 (41.7)	20/24 (83.3)	24/24 (100.0)	10/24 (41.7)	13/15 (86.7)	14/15 (93.3)	15/15 (100.0)	13/15 (86.7)	.005
Total				46/107 (43.0)				84/109 (77.1)	< .001

NA = Not applicable.



**Figure 1.** Total time from collection to laboratory of blood culture specimen.

있었으며( $t = 2.51, p = .013$ ), 2시간 이내 접수 비율은 중재 전 105건 중 24건(22.9%)에서 중재 후 120건 중 47건(39.2%)으로 지침 준수의 비율이 증가하였다( $\chi^2 = 6.90, p = .009$ )(Figure 1).

### 논 의

중재를 시행한 후 배양검사 검체의 운송시간에 대한 지식은 통계적으로 유의하게 증가하였다. Lee [3]의 연구에서는 의사, 간호사, 임상병리사를 대상으로 검사실 운송 시 아이스 팩이 필요한 검체, 뇌척수액 검체 운송 지체 시 보관방법, 혈액 검체의 운송시간에 대한 지식 점수를 확인하였다. 간호사의 정답률은 평균 40.5%에서 중재 후 평균 93.5%로 증가하여, 본 연구와 마찬가지로 교육 및 정보 제공이 효과적임을 확인할 수 있었다. 검체의 보관 방법에 대한 지식은 중재 이후에도 통계적으로 유의하게 증가하지는 않았는데, 간호사의 배양검사 검체 보관방법 지식 점수는 중재 이전에도 8점 만점에 5.10

$\pm 1.85$ 점으로 높았기 때문에 추측된다. 검체가 병동에서 잘못 보관될 경우에는 검체의 오염이나 균 증식으로 이어지며, 불필요한 항생제 치료 및 환자 안전의 문제와 병원 비용 증가를 야기하므로 [14,15], 배양검사 검체의 보관 상태는 배양검사 결과의 신뢰성 확보에 절대적이다[16,17]. 따라서 병동 검체를 관리하는 간호사를 대상으로 검체 관리에 대한 정확한 정보제공과 지속적인 교육이 필요하다.

배양검사 검체 관리 지침에 대한 간호사의 인식은 중재 후 향상되었으나, 중재 후에도 여전히 검체 수거 인력이 충분하지 않으며, 검체 수거가 효율적으로 이루어지지 않는다고 생각하는 경우가 있었다. 자가보고 설문지의 자유응답 문항의 의견에서도 검체 운송 인력 증원과 검체 운송 횟수 증가가 필요하다는 의견이 다수 나왔다. 본 연구의 중재는 주로 간호사의 지식 증가와 지침 준수의 중요성에 대한 인식을 향상시키는 방향으로 이루어져 시스템 개선이나 인력 지원과 같은 자원 활용이 부족하였다. 일본에서는 병원 인력을 대신하여 물건을 자율적으로 운반해주는 로봇 ‘호스피(HOSPI)’

가 파나소닉에서 개발되어 병원에서 사용되고 있으며[18], 병동의 약물 재고를 관리하는 로봇을 사용하여 투약 오류 감소와 투약 안전성이 증가하였다[19]. 또한, 로봇이 중환자실 약물을 배송하여 간호사의 약제 관련 업무 만족도를 높이고 약물배송시간을 감소시키는 선행연구가 있었다[20]. 간호사가 검체 관리 업무를 보다 효율적이고 정확하게 수행할 수 있도록 ICT 기술을 도입하여 로봇이 직접 검체를 확인하여 자동보관을 하거나 직접 운송 하는 등의 시스템으로 간호사의 업무 부담을 줄이면서 검체의 질 향상을 도모할 필요가 있다.

배양검사 검체 관리 실무의 적절성은 중재 이후에 전체적으로 관리의 적절성이 향상되었으나, 대변 검체와 소변 검체의 보관장소의 적절성이 37.5%와 71.4%로 개선의 여지가 있었다. 대변, 직장도말, 소변 검체는 운송 지연 시 냉장보관을 하도록 하고 있으나 간호사가 특별히 관심을 가지고 검체 채취 시간을 확인하지 않는 이상 실온에 계속 보관되는 경우가 많았기 때문이다. 혈액이나 뇌척수액, 객담 배양검사보다 대변이나 소변 검체의 관리 중요성을 더 낮게 인식하고 있거나, 환자의 상태가 덜 위중할 거라고 인식하였을 가능성이 있으나, 정확한 원인 규명이 필요한 것으로 생각한다.

뇌척수액 검사는 검체 보관과 상태, 보관시간의 적절성이 중재 이전 25.0%에서 중재 이후 100.0%로 증가하였다. 뇌척수액 검체는 요추천자를 통해 검체를 채취하므로 추가적인 검체 채취가 어려워 병동에서의 관리가 매우 중요하다. 세균 감염(특히 *Neisseria spp.*)이 의심되면 실온보관해야 하고, 바이러스 감염이 의심되면 냉장보관해야 한다[11,21]. 그러나 연구 대상 병원에서는 병동 간호사가 전산 프로그램으로 뇌척수액 배양검사의 목적을 개별적으로 확인해야만 알 수 있어서 관리가 어렵고 시간도 소요되었다. 본 연구에서는 뇌척수액 검사 지침 통합 자료를 중재로 제공하였는데, 모든 병동의 간호사들이 활용할 수 있도록 검체 바코드에 보관방법과 운송시간이 표기되어 간호사들이 쉽게 활용할 수 있도록 전산 지원이 필요하다.

Bang 등[9]에서는 혈액배양검사 운송 지연율이 35.6%에서 중재 후 5.5%-7.7%로 매우 낮은 수준으로 감소하였는데, 본 연구에서는 중재 후에도 여전히 높은 운송 지연율을 보이고 있었다. 혈액배양검사 검체의 운송 지연과 관련하여 선행연구에서도 평균 운송시간이 3.5시간[6], 9시간[7], 4시간[8]으로 보고되었는데, 연구마다 차이가 많고 본 연구와 마찬가지로 지연되는 경우가 많았다. 이렇게 운송시간이 길어지는 요인으로 선행연구에서는 검사실의 위치[6,7], 검체 채취 시간[6-8], 진료과[6], 하루 검체 운송 횟수[7]와 관련이 있었다. 혈액배양검사 검체의 운송 지연을 줄이기 위한 중재연구에서는 병동에 대한 지속적인 협조요청[9], 혈액배양기 검사실 외부 배치를

통한 배양기 투입 시간 감소[10] 등의 방법이 효과적이었다. 연구대상 병원은 24시간 혈액배양 검사가 가능하며, 미생물 검사실이 병원 건물 내에 위치하고 기송관을 이용한 검체 운송도 가능하여 선행연구에서 언급한 운송시간이 길어지는 요인이 적으나, 본 연구에서는 혈액배양 검체의 운송 지연에 대한 구체적인 원인 분석은 시행되지 않아 원인 파악이 선행되어야 한다.

본 연구는 병동의 배양검사 검체 관리에 대한 간호사의 인식과 지식 수준을 높이고, 병동에서의 배양검사 검체 관리 실무의 적절성을 개선하기 위해 시도된 연구로서, 병동에서 발생하는 전체 배양검사 검체의 관리 실무와 간호사의 배양검사 검체 관리에 대한 지식과 인식을 처음으로 확인하고 개선시켰다는 점에서 그 의의가 있다. 또한, 간호사가 다양한 종류의 배양검사 검체를 관리함에 있어 교육만으로는 충분히 검체 관리의 질 향상을 도모하기에는 부족하며, 추가적인 인력 지원 및 ICT 기술을 도입한 시스템 개선이 이루어져야 함을 시사하였다.

이 연구의 제한점은 첫째, 단일 기관 연구로 일반화에 주의가 필요하며, 둘째, 중재 기간이 상대적으로 짧아서 중재의 지속 효과를 확인하지 못한 점이다. 셋째, 최소 연구 대상자 수가 44명으로 초기 연구대상자 수는 48명이었으나 대상자 탈락으로 인해 최종 41명만이 연구에 참여하였다. 넷째, 지식 측정 시 동일한 설문지로 반복 측정하여 시험효과가 있을 수 있었으며, 대상자가 근무 중 검체 관리 업무를 수행하면서 추가적으로 지식을 습득하였을 가능성이 있었다. 다섯째, 일부 연구 대상자에게는 중재가 자기학습으로 수행되어 정확하게 학습되었는지 여부를 확인할 수 없어 교육 중재의 충실성이 떨어지며, 여섯째, 적절성 관찰 시 관찰 시간이 관찰자 편의적으로 선정되어 근무시간이나 업무량, 관리자 유무 등 환경에 따라 영향을 받았을 가능성이 있으며, 피 관찰자가 관찰 받고 있음을 알고 있어 호손 효과를 배제할 수 없다. 본 연구에서는 여러가지 중재를 동시에 수행하고 중재 전후로 효과를 평가한 것으로 어떠한 중재가 효과가 있었는지를 정확하게 파악하기 어려웠으므로, 각 중재의 효과를 확인하기 위한 실험군-대조군 연구를 제안한다.

## 결론

배양검사 검체의 적절한 보관과 운송 실무 개선을 위해 병동 간호사 대상의 중재연구를 시행함으로써 간호사의 관련 지식과 인식 향상, 검체 관리 적절성 향상 및 혈액배양검사 운송 지연 감소를 확인하였다. 그러나 중재 후에도 병동 간호사들이 검체 수거 인력이 부족하며, 수거의 효율성이 떨어진다고 인식하고 있었고, 일부 검체가 부적절하게 보관 및 운송되며 혈액배양검사의 운송지연율이 높

았다. 따라서 병동 간호사가 배양검사 검체를 적절하게 보관하고 검사실로 운송할 수 있도록 원인을 분석하고, 지속적인 교육과 함께 추가적인 인력 지원 및 기술 도입이 요구된다.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

## AUTHORSHIP

CMJ, JJS, and KYH contributed to the conception and design of this study; CMJ and KYH collected data; CMJ and JJS performed the statistical analysis and interpretation; CMJ and KYH drafted the manuscript; JJS and CMJ critically revised the manuscript; JJS supervised the whole study process. All authors read and approved the final manuscript.

## REFERENCES

- Galar A, Leiva J, Espinosa M, Guillén-Grima F, Hernández S, Yuste JR. Clinical and economic evaluation of the impact of rapid microbiological diagnostic testing. *Journal of Infection*. 2012;65(4):302-309. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2012.06.006>
- Berlid D, Mohseni A, Diep LM, Jensenius M, Ringertz S. Adjustment of antibiotic treatment according to the results of blood cultures leads to decreased antibiotic use and costs. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2006;57(2):326-330. <https://doi.org/10.1093/jac/dki463>
- Lee NY. Reduction of pre-analytical errors in the clinical laboratory at the university hospital of Korea through quality improvement activities. *Clinical Biochemistry*. 2019;70:24-29. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2019.05.016>
- Lee YJ, Lee JY, Kong SK, Yeon GM, Hong YR, Oh CE. A multicenter survey on the current status of pediatric blood cultures in Korea. *Pediatric Infection and Vaccine*. 2018;25(1):17-25. <https://doi.org/10.14776/piv.2018.25.1.17>
- Clinical and Laboratory Standards Institute. Principles and procedures for blood cultures; approved guideline. 1st ed. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2007.
- Kerremans JJ, van der Bij AK, Goessens W, Verbrugh HA, Vos MC. Needle-to-incubator transport time: logistic factors influencing transport time for blood culture specimens. *Journal of Clinical Microbiology*. 2009;47(3):819-822. <https://doi.org/10.1128/JCM.01829-08>
- Rönnerberg C, Mildh M, Ullberg M, Özenci V. Transport time for blood culture bottles: underlying factors and its consequences. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*. 2013;76(3):286-290. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2013.03.031>
- Venturelli C, Righi E, Borsari L, Aggazzotti G, Busani S, Mussini C, et al. Impact of pre-analytical time on the recovery of pathogens from blood cultures: results from a large retrospective survey. *PLoS One*. 2017;12(1):e0169466. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169466>
- Bang HI, Lim HM, Jang EY, Park ES, Lee EJ, Kim TH, et al. Activities of quality improvement for blood culture at a university hospital. *Annals of Clinical Microbiology*. 2015;18(3):88-93. <http://dx.doi.org/10.5145/ACM.2015.18.3.88>
- Kerremans JJ, van der Bij AK, Goessens W, Verbrugh HA, Vos MC. Immediate incubation of blood cultures outside routine laboratory hours of operation accelerates antibiotic switching. *Journal of Clinical Microbiology*. 2009;47(11):3520-3523. <https://doi.org/10.1128/JCM.01092-09>
- Miller JM, Binnicker MJ, Campbell S, Carroll KC, Chapin KC, Gilligan PH, et al. A guide to utilization of the microbiology laboratory for diagnosis of infectious diseases: 2018 update by the infectious diseases society of America and the American society for microbiology. *Clinical Infectious Diseases*. 2018;67(6):e1-e94. <https://doi.org/10.1093/cid/ciy381>
- Moos RH. Work environment scale manual: A social climate scale: Development, Applications and Research. 3rd ed. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press; 1994.
- Laboratory medicine, Asan Medical Center, Specimen collection and handling. Seoul: Asan Medical Center; 2019.
- Hall KK, Lyman JA. Updated review of blood culture contamination. *Clinical Microbiology Reviews*. 2006;19(4):788-802. <https://doi.org/10.1128/CMR.00062-05>
- Lalezari A, Cohen MJ, Svinik O, Tel-Zur O, Sinvani S, Al-Dayem YA, et al. A simplified blood culture sampling protocol for reducing contamination and costs: a randomized controlled trial. *Clinical Microbiology and Infection*. 2020;26(4):470-474. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.09.005>
- LaRocco MT, Franek J, Leibach EK, Weissfeld AS, Kraft CS, Sautter RL, et al. Effectiveness of preanalytic practices on contamination and diagnostic accuracy of urine cultures: a laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis. *Clinical Microbiology Reviews*. 2016;29(1):105-147. <https://doi.org/10.1128/CMR.00030>
- Murray MP, Doherty CJ, Govan JR W, Hill AT. Do processing time and storage of sputum influence quantitative bacteriology in bronchiectasis?. *Journal of Medical Microbiology*. 2010;59(7):829-833. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.016683-0>
- Song YA, Kim HY, Lee HK. Nursing, robotics, technological revolution: robotics to support nursing work. *Journal of Korean Gerontological Nursing*. 2018;20(Suppl 1):144-153. <https://doi.org/10.17079/jkgn.2018.20.s1.144>
- Cousein E, Mareville J, Lerooy A, Caillaud A, Labreuche J, Dambre D, et al. Effect of automated drug distribution systems on medication error rates in a short stay geriatric unit. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*. 2014;20(5):678-684. <https://doi.org/10.1111/jep.12202>
- Summerfield MR, Seagull FJ, Vaidya N, Xiao Y. Use of pharmacy delivery robots in intensive care units. *American Journal of Health-System Pharmacy*. 2011;68(1):77-83. <https://doi.org/10.2146/ajhp100012>
- Hoiby EA, Sandven P, Solberg O. Effect of temperature on the survival of *Neisseria meningitidis*. *Acta Pathologica Microbiologica Scandinavica Series B: Microbiology*. 1984;92B(1-6):73-77. <https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1984.tb02797.x>