



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

간호학박사 학위논문

유치도뇨관 관련 요로감염  
자동감시 틀 개발 및 평가

2023 년 8 월

서울대학교 대학원

간호학과 간호학 전공

김 은 옥

# 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 틀 개발 및 평가

지도 교수 김 현 의

이 논문을 간호학박사 학위논문으로 제출함

2023 년 4 월

서울대학교 대학원

간호학과 간호학 전공

김 은 옥

김은옥의 간호학박사 학위논문을 인준함

2023 년 6 월

위 원 장 \_\_\_\_\_ 강 자 현 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ 박 현 애 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 김 성 한 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 정 재 심 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 김 현 의 \_\_\_\_\_ (인)

# 초 록

본 연구의 목적은 전자의무기록 데이터를 활용하여 Centers for Disease Control and Prevention (CDC)의 National Health-care Safety Network (NHSN) 진단기준에 기반한 유치도뇨관 관련 요로감염(catheter-associated urinary tract infection, CAUTI) 자동감시 툴을 개발하여 평가하는 데 있다.

자동감시 툴은 시스템 생명 주기 방법론에 따라 분석, 설계, 개발, 구현 및 평가의 단계로 개발하고 평가하였다. 분석 단계에서는 NHSN CAUTI 진단규칙을 추출하고, 자동감시 툴에 필요한 데이터 분석 및 자동감시 툴의 기능을 분석하였다. 설계 단계에서는 CAUTI 진단 알고리즘, 데이터베이스 및 사용자 인터페이스를 설계하였다. 개발 단계에서는 서울 소재 연구 대상 상급종합병원의 의료정보 시스템 내에 자동감시 툴을 개발하였다. 구현 및 평가 단계에서는 난이도가 높은 10개의 사례를 수기감시로 진단하여 감시자 간 신뢰도를 검증하였고, Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) 설문지를 이용하여 자동감시 툴의 사용성을 평가하였다. 자동감시 결과를 수기감시 결과인 참조 표준(reference standard)과 비교하여 자동감시 툴의 정확도를 평가하였고, 수기감시와 자동감시에 소요되는 시간을 비교하여 업무 효율성을 평가하였다.

연구 결과 분석 단계에서 8개의 NHSN CAUTI 진단규칙을 추출하였고, 자동감시 툴에 필요한 23개의 데이터 항목과 5개의 주요 기능 및 상세 기능을 도출하였다. 설계 단계에서 CAUTI 알고리즘과 7개의 데이터 베이스를 설계하였고, 5개의 메인 화면과 17개의 서브 화면으로

구성된 사용자 인터페이스를 설계하였다. 개발 단계에서 연구 대상 상급종합병원의 의료정보시스템인 Asan Medical Information System (AMIS) 3.0 내에 Microsoft Visual Studio 2015 (.Net Framework 4.6)의 개발 환경에서 C#으로 CAUTI 자동감시 툴을 개발하였다. 구현 및 평가 단계에서는 감시자 간 신뢰도 검증 결과 100% 일치도를 확인하였다. 자동감시 툴의 사용성 평가 결과 모든 항목에서 평균 1.7점으로 매우 높은 성능과 만족도를 나타냈다. 자동감시 툴의 정확도 평가 결과 민감도 99.04%, 특이도 99.93%, 양성 예측도 97.17%, 음성 예측도 99.98%로 나타났다. 업무 효율성 평가 결과 수기감시는 평균 267.8초가 소요되는 반면 자동감시는 평균 28.9초가 소요되어 약 89%의 시간 단축 효과가 있었다( $p<0.001$ ).

본 연구에서 개발된 CAUTI 자동감시 툴은 높은 정확도와 시간 단축으로 CAUTI 감염감시에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 데이터가 구조화되어 있지 않아 이번 연구에서 포함하지 못한 주관적 요로감염 증상을 포함한 자동감시 툴 개발 연구를 제언한다.

**주요어:** 의료관련감염, 유치도뇨관 관련 요로감염, 자동감시, 전자감시, 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 툴

**학 번:** 2006-30140

# 목 차

<b>제 1 장 서론</b> .....	<b>1</b>
제 1 절 연구의 필요성 .....	1
제 2 절 연구의 목적 .....	5
제 3 절 용어의 정의 .....	6
<b>제 2 장 문헌고찰</b> .....	<b>11</b>
제 1 절 유치도뇨관 관련 요로감염.....	11
제 2 절 의료관련감염감시 .....	14
제 3 절 전자의무기록을 활용한 자동감시.....	16
제 4 절 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시.....	18
<b>제 3 장 연구 방법</b> .....	<b>21</b>
제 1 절 분석 .....	22
제 2 절 설계 .....	23
제 3 절 개발 .....	25
제 4 절 구현 및 평가 .....	26
제 5 절 윤리적 고려 .....	38
<b>제 4 장 연구 결과</b> .....	<b>39</b>
제 1 절 분석 .....	39
제 2 절 설계 .....	47

제 3 절 개발 .....	54
제 4 절 구현 .....	55
제 5 절 평가 .....	65
<b>제 5 장 논의.....</b>	<b>72</b>
제 1 절 자동감시 툴의 사용성 및 보완사항.....	72
제 2 절 자동감시 툴의 정확도 향상 방안.....	75
제 3 절 자동감시 툴을 활용한 업무 효율 향상.....	78
<b>제 6 장 결론 및 제언.....</b>	<b>81</b>
<b>참고문헌.....</b>	<b>83</b>
<b>부    록.....</b>	<b>93</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>114</b>

# List of Tables

<b>Table 1. Types of the Automated Surveillance Tool Evaluation.....</b>	<b>26</b>
<b>Table 2. Confusion Matrix .....</b>	<b>33</b>
<b>Table 3. Screens for CAUTI Identification in Conventional and Automated Surveillance Systems.....</b>	<b>36</b>
<b>Table 4. CAUTI Rules Extracted from NHSN Algorithm.....</b>	<b>40</b>
<b>Table 5. Data Elements for the CAUTI Automated Surveillance Tool.....</b>	<b>43</b>
<b>Table 6. Functions for the Automated Surveillance Tool.....</b>	<b>46</b>
<b>Table 7. Data Elements for Screened CAUTI Patient List.....</b>	<b>59</b>
<b>Table 8. Data Elements for Individual CAUTI Patients.....</b>	<b>61</b>
<b>Table 9. PSSUQ Score and Reliability by Category.....</b>	<b>66</b>
<b>Table 10. Mean and Standard Deviation of PSSUQ Score by Item.....</b>	<b>67</b>
<b>Table 11. Confusion Matrix of the Automated Surveillance Tool .....</b>	<b>69</b>
<b>Table 12. Demographic and Clinical Characteristics of CAUTI Patients ....</b>	<b>70</b>
<b>Table 13. Comparison of CAUTI Identification Time between Conventional and Automated Surveillance.....</b>	<b>71</b>

# List of Figures

<b>Figure 1. The Development Process of the Automated Surveillance Tool ....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 2. System Architecture of the Automated Surveillance Tool .....</b>	<b>25</b>
<b>Figure 3. The Conventional Surveillance System.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure 4. The Automated Surveillance System .....</b>	<b>32</b>
<b>Figure 5. Flowchart for NHSN Event Determination .....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 6. CAUTI Identification Flowchart .....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 7. Flow Diagram of the Automated Surveillance Tool .....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 8. Table Relationship Diagram of the Automated Surveillance Tool</b>	<b>49</b>
<b>Figure 9. Screen Hierarchy of the Automated Surveillance Tool.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 10. User Interface Design for CAUTI Identification .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 11. Screenshot for Microbiology Test Code Management .....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 12. Screenshot for Microbiology Test Result Code Management.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 13. Screenshot for the Display of the Surveillance Batch Process .....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 14. Screenshot for CAUTI Identification.....</b>	<b>62</b>
<b>Figure 15. Screenshot for the Case Report .....</b>	<b>64</b>

## List of Appendixes

부록 1. Identifying SUTI and ABUTI Flowchart .....	93
부록 2. Flow Diagram for NHSN Event Determination .....	94
부록 3. 감염감시대상 코드관리 화면: 미생물 검사 코드 설정.....	95
부록 4. 감염감시대상 코드관리 화면: 감시대상 미생물 결과 코드 설정 .....	96
부록 5. 감염감시 코드관리 화면: 삽입기구 코드 관리.....	97
부록 6. 감염대상 집계결과 조회 화면.....	98
부록 7. 감염감시 대상 관리 화면.....	99
부록 8. 감염진단 목록 조회 화면.....	100
부록 9. 사용성 평가 설문지.....	101
부록 10. 감염감시 소요시간 측정 기록지.....	103
부록 11. 사례 검토 증례 기록지 설명문.....	105
부록 12. 사례 검토 증례 기록지.....	106
부록 13. 연구대상자 보호 심의 결과 통지서.....	107
부록 14. 연구 참여 설명서 및 동의서.....	110
부록 15. 연구도구 사용허가서.....	113

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 필요성

의료관련감염(healthcare-associated infection)은 입원 당시에 없었으나 잠복하고 있지 않던 감염이 입원 기간 중에 시행하는 여러 가지 침습적 장치, 시술이나 치료과정에서 발생하는 감염을 일컫는다(유진홍 외, 2017). 이전에는 병원감염(hospital-acquired infection)이나 원내감염(nosocomial infection)이라는 용어를 사용했으나 의료 행위와 관련된 감염이 병원에 국한된 것만이 아니며, 퇴원한 이후 지역사회까지 확대될 수 있기 때문에 의료관련감염이라는 포괄적인 용어로 확대되었다(최정현 외, 2017). 의료관련감염은 병원 내 사망의 주요 원인으로, 노령 인구의 증가, 항암제 및 면역억제제 치료를 받고 있는 면역저하자의 증가, 의료기관에서 시행하는 침습적 술기 또는 검사의 증가와 각종 항생제 내성균 증가 등의 영향으로 의료관련감염의 위험성도 같이 증가하고 있다(최정현 외, 2017). 의료관련감염은 적절한 감염관리를 통해 그 위험성을 감소시킬 수 있어 최대한 예방을 해야 하는 대상으로 대표적인 의료관련 감염으로는 혈류감염, 요로감염, 폐렴, 수술부위감염이 있다(CDC, 2022).

요로감염(urinary tract infection, UTI)은 요도, 방광, 요관 및 신장을 포함한 비뇨기계의 모든 부분과 관련된 감염으로 가장 흔한 의료관련 감염이며 전체 의료관련감염의 20~30%를 차지하고, 1~10%의 발생률을 보인다(Klevens et al., 2007). 특히 중환자실에서 요로감염의 발생률은 8~21%로 높게 보고된다(Bagshaw & Laupland, 2006). 의료관련 요로감염 중

약 75%는 요도를 통해 방광에 삽입하여 소변을 배출하는 유치도뇨관과 관련이 있고, 유치도뇨관 관련 요로감염(catheter-associated urinary tract infection, CAUTI)은 도뇨관 내부 또는 외부 표면을 따라 요로감염균이 방광으로 유입되면서 발생한 감염을 의미한다. 입원 환자의 15~25%는 입원 기간 동안 유치도뇨관을 삽입하며(Warren, 2001), 유치도뇨관 관련 세균뇨는 일별로 약 3~8% 발생하고, 장기간 도뇨관을 삽입하고 있는 환자의 대부분에서 세균뇨나 진균뇨가 발생하므로 유치도뇨관 삽입을 최소화하는 것이 의료관련 요로감염을 줄이는데 가장 효과적인 방법이다(최정현 외, 2017). CAUTI의 합병증은 기능장애, 균혈증, 패혈증, 사망률 증가뿐만 아니라 입원 기간 연장 및 의료 시스템에 대한 재정적 부담도 증가시킨다(Gould et al., 2010). CAUTI 예방 지침에는 감염감시를 시행할 수 있는 충분히 훈련된 인력과 시설을 확보하고, 검증되고 표준화된 방법으로 고위험 환자나 부서를 대상으로 감시를 시행하며 감염 예방법에 대한 의료진 교육의 중요성을 강조하고 있다(Gould et al., 2010; Marigliano et al., 2012; Weber & Talbot, 2020).

감염감시는 감염의 발생과 분포, 발생 위험의 증감 요인이 되는 조건이나 상황을 체계적으로 지속 관찰하며 수집된 자료를 정기적으로 분석하여 감염 발생의 문제 해결에 적절한 행동을 취할 수 있는 사람에게 보고하는 과정까지를 포함한다(Weber & Talbot, 2020). 미국 질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)는 의료관련감염 환자를 확인하기 위해 표준화된 방법으로 감시를 수행할 것을 권고하고 있고, 표준화된 방법으로는 미국보건안전네트워크(National Health-care Safety Network, NHSN)의 기준을 권고한다. NHSN의 감시 기준은 가장 널리 사용되고 있는 감시 표준으로, 의료관련감염을

진단하기 위한 알고리즘으로 구성된다(Wright et al., 2017). CAUTI 진단을 위해서는 미생물 검사 결과, 입원/퇴원/전동 정보, 환자의 신체 증상 및 징후 등 환자의 의료정보를 수집하여 선별하게 된다. 선별하는 내용으로는 감염발생일과 입원일에 따라 기감염(present on admission, POA)과 의료관련감염을 구별하고, 유치도뇨관 관련성을 확인한다. 또한 요로감염 관련 증상과 각종 임상 정보를 확인하는 등의 복잡하고 주관적인 선별 과정을 거치게 된다(CDC, 2022).

의료기관에서 감염관리 업무를 수행하고 있는 감염관리전문가는 업무 시간의 약 36%를 감염감시 활동에 소요하며 그 중 45%에서 56%는 감시 자료 수집 및 분석에 시간을 소요하고 있는 것으로 나타났다(Mitchell et al., 2016; Stone et al., 2009). Wright 등(2017)의 연구에 따르면 NHSN 기준에 따라 의료관련감염을 진단하는 22건의 사례연구에서 7,950명이 응답한 27,290건의 사례 중 17,376건을 올바르게 응답하여 사례 진단 정확도는 62.5%였고, 참여자의 93%가 감염관리간호사였다. 응답자의 32%가 오답을 제출한 정답 비율이 가장 낮은 사례는 발열이 38도로 측정된 환자의 의료관련 요로감염 진단 사례로 38도를 초과하는 발열 기준에 대한 인지가 부족한 것으로 나타났다(Wald et al., 2014). 복잡하고 주관적인 NHSN 알고리즘을 정확히 적용할 수 있도록 감시를 시행하는 직원들의 교육 강화 및 수작업으로 인한 오류를 최소화할 수 있는 감시 전산화 도입이 필요함을 제시하였다(Wright et al., 2017).

전자의무기록이 도입되면서 효율적인 감시를 위해 여러 의료기관에서 전자의무기록을 이용한 감시 방법을 도입하고 있지만 각종 처치 및 시술, 환자의 관련 증상 확인 등 의료관련감염 선별을 위한 전자의무기록의 수기 검토 방식의 수기감시가 여전히 이루어지고 있다. 수기

감시는 노동 집약적이며 평가자 간 신뢰도가 낮은 제한점이 있어 전자의무기록 정보를 활용한 자동감시 툴 개발이 시도되고 있다(Freeman et al., 2013; Russo et al., 2018; Schreiber et al., 2018). 자동감시 툴 개발은 대부분이 연구환경에서 이루어지고 있으며 개발된 시스템의 약 25%만이 실제 임상에 적용되어 전자의무기록 정보를 바탕으로 한 의료기관 내 자동감시 프로그램 개발 및 실무에서의 활용은 제한적이다(de Bruin et al., 2014; Verberk et al., 2022).

의료관련감염에서 가장 중요한 감염은 삽입 기구와 관련된 감염이며(AI-Tawfiq & Tambyah, 2014), CAUTI는 가장 흔한 의료관련감염으로 약 70%까지 예방이 가능하여 감염 예방을 위한 체계적인 감염관리가 필수적이다(Umscheid et al., 2011). 감염감시는 감염 발생을 확인하기 위한 감염관리의 시작으로 미생물 검사 결과, 유치도뇨관 관련 정보, 요로감염 증상을 기반으로 한 진단기준을 전산화 하면 정확하고 효율적인 감염감시가 가능하다. 하지만 우리나라에서는 CAUTI에 대한 자동감시 툴 개발 및 보고는 없는 상황이다. 따라서 정확하고 효율적인 CAUTI 감염감시 활동이 이루어질 수 있도록 의료기관의 의료정보 시스템 내에 전자의무기록 정보를 이용한 NHSN CAUTI 알고리즘을 전산화하여 감시 실무에 활용할 수 있는 자동감시 툴을 개발할 필요가 있다.

## 제 2 절 연구의 목적

본 연구의 목적은 전자의무기록을 활용한 CAUTI의 자동감시 툴을 개발하여 감염감시 활동의 효율성을 높이고 감염 발생을 예방하는데 있다. 본 연구의 목적을 달성하는 구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

- 1) NHSN의 기준에 따른 CAUTI 알고리즘을 전산화한 자동감시 툴을 개발한다.
- 2) 자동감시 툴의 사용성을 평가한다.
- 3) 기존의 수기감시 방법과 자동감시 툴을 이용한 자동감시의 정확도와 업무 효율성을 비교한다.

### 제 3 절 용어의 정의

#### 1. 유치도뇨관 관련 요로감염

유치도뇨관 관련 요로감염(catheter-associated urinary tract infection, CAUTI)은 요로감염 중 유치도뇨관과 관련된 의료관련감염을 의미하며 (최정현 외, 2017), 본 연구에서는 미국보건안전네트워크(National Health-care Safety Network, NHSN)의 CAUTI 기준에 부합한 요로감염을 말한다.

NHSN 기준의 CAUTI는 임상적인 요로감염 진단과는 차이가 있으며 다음의 조건을 모두 충족하여야 한다. 유치도뇨관 삽입 후 2일을 초과하여 유치도뇨관을 유지하고, 감염발생일(day of event, DOE)에 유치도뇨관을 가지고 있거나, 또는 DOE 전날 유치도뇨관을 제거한 경우에 해당이 된다. 유증상 CAUTI를 진단할 수 있는 요로감염 관련 증상으로는 38도를 초과하는 발열, 치골 상부 압통, 늑골 척추각 동통 또는 압통이 있거나, 유치도뇨관을 제거한 후 절박뇨, 빈뇨, 배뇨곤란 증상이 포함된다. CAUTI로 진단 가능한 미생물 검사는 소변배양 검사 결과에서 두 종류 이하의 미생물 중 최소 한 가지의 세균수가  $10^5$  CFU/mL 이상이어야 하며, 진단과 관련된 모든 요소는 진단기준 충족 기간(infection window period, IWP) 내에 발생하여야 한다(CDC, 2022). 요로감염 증상이 없는 경우에는 진단기준 충족 기간 내에 혈액 배양으로 확인된 미생물과 요로감염 원인 미생물이 동일한 경우에 한해 CDC NHSN의 무증상 균혈성 요로감염(Asymptomatic Bacteremic Urinary Tract

Infection, ABUTI)으로 진단이 가능하다(CDC, 2022). 또한 DOE가 입원일 2일 이내인 경우에는 POA로 분류되어 의료관련감염에서 제외된다.

## 2. 전자의무기록 데이터 기반 자동감시 툴

전자의무기록(electronic medical record, EMR)은 임상 데이터 저장소, 임상 의사 결정 지원, 의료 어휘, 처방 등으로 구성된 애플리케이션 환경으로 의료 종사자들이 제공한 의료 서비스에 대한 기록, 모니터링 및 관리에 사용된다(Garets & Davis, 2006). 자동감시(automated surveillance)는 감염관리 데이터에서 유용한 정보를 얻는 프로세스로 감염감시를 위한 소프트웨어로 구현되며 자동화 정도에 따라 전자동 (fully automated) 혹은 반자동(semi-automated)으로 구분된다(Wright, 2008). Woeltje 등(2014)의 연구에 따르면 CAUTI 자동감시 시스템에 필수적인 정보로 소변배양 결과, 입원/퇴원/전동 정보, 활력징후(발열), 유치도뇨관 유지 정보를 선정하였다.

본 연구의 자동감시 툴은 한 상급종합병원에서 사용 중인 의료정보시스템(Asan Medical Information System, AMIS) 3.0 내에 EMR 정보를 활용 하여 CDC NHSN CAUTI 진단기준을 기반으로 한 CAUTI 자동감시 툴을 의미한다. 자동감시 툴 관련 문헌에서 CAUTI 자동감시 툴의 필수 데이터 정보로 확인된 환자의 소변배양 검사 결과, 입원/퇴원/전동 정보, 활력징후 (발열), 유치도뇨관 관련 정보를 모두 포함하고, 감염감시 툴을 위한 데이터베이스 및 사용자 인터페이스를 구현하였다.

### 3. 사용성 평가

사용성 평가(usability evaluation)는 어떤 제품이나 시스템이 사용자의 입장에서 얼마나 편리하게 설계되어 있는지를 사용자의 관점에서 효과성, 효율성 및 만족도를 측정하는 것이다(Green & Pearson, 2006). 본 연구에서는 사용성 평가 중 표준화된 사용성 평가 질문지인 Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)로 측정한 점수를 의미한다.

PSSUQ는 Lewis 등(2002)에 의해 1992년에 개발되어 2002년도에 개정된 3번째 버전을 사용 중이며, 시스템의 유용성, 정보의 질, 인터페이스의 질을 평가하는 도구로 널리 사용되고 있다. PSSUQ는 7점 리커트 척도(Likert scale)로 1점 ‘매우 동의’에서 7점 ‘매우 동의하지 않음’으로 평가되며 총 16문항으로 구성된다. 설문 결과는 3개의 카테고리로 나뉘어지며 시스템 유용성은 질문 1번부터 6번의 평균 점수, 정보의 질은 질문 7번부터 12번의 평균 점수, 인터페이스의 질은 질문 13번부터 15번의 평균 점수로 산정한다.

### 4. 수기감시 방법과 자동감시 방법

수기감시는 의료관련감염을 진단하기 위해 표준화된 진단기준에 따라 수기로 관련 기록을 검토하여 확인하는 감시방법이다(Klompas et al., 2009; van Mourik, 2021). 본 연구에서의 수기감시 방법(conventional surveillance)은 검사 결과 기반 감시(laboratory-based surveillance)로 미생물 검사 결과 양성 환자의 EMR을 수기 검토하여 CDC NHSN 알고리즘에 따라 사례를 진단하는 것을 의미한다. 구체적으로 미생물 검사 결과에서

소변배양 양성인 환자의 EMR을 조회하여 유치도뇨관 관련 정보, 입원, 전동, 퇴원 등의 원무 정보, 진단 가능 미생물 검사 결과 정보, 발열과 저체온 등의 요로감염 관련 증상을 수기 검토하여 NHSN 진단기준에 따라 사례를 진단한다.

자동감시(automated surveillance)는 의료정보학 및 컴퓨터 과학 기술을 체계적으로 적용하여 감염관리 데이터에서 유용한 정보를 얻는 프로세스로(Wright, 2008), 의료관련감염이 있는 환자를 식별하기 위해 관련 데이터를 활용한 분류 알고리즘, 규칙 기반 의사결정 트리, 다변수 회귀 모델, 기계학습 등의 정보 기술을 이용한 감시방법이다(Sips et al., 2017). 본 연구에서의 자동감시는 AMIS 3.0 내에 개발된 CAUTI 자동감시 툴의 사용자 인터페이스 화면에서 CAUTI로 자동 진단된 사례를 검토하는 것을 의미한다.

## 5. 감염감시 툴의 정확도

시스템의 정확도는 진단 결과의 신뢰도를 나타내는 지표이며(Swets, 1988), 감염감시 진단 결과의 신뢰도를 반영하는 지표로 민감도, 특이도, 양성 예측도와 음성 예측도가 있다(German et al., 2001). 본 연구에서는 CAUTI 자동감시 툴을 이용한 감시 결과의 정확도를 확인하기 위해 수기감시의 진단결과를 참조 표준(reference standard)으로 정하고 자동감시 툴을 이용한 자동감시 진단결과(test)와 비교하여 산출한 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도를 의미한다.

자동감시 툴의 민감도는 자동감시 결과가 실제 양성을 진단하는 능력을 의미하고, 특이도는 자동감시 툴이 실제 감염사례가 아닌 것을

아니라고 진단하는 능력을 의미한다. 양성 예측도는 자동감시 양성 결과 중 실제 감염 양성 사례의 비율로 얼마나 정확하게 양성을 예측하는지 나타내고, 음성 예측도는 감염사례가 아닌 것을 얼마나 정확하게 음성으로 예측하는 지를 나타낸다(Parikh et al., 2008). 감염감시의 진단 결과는 환자의 진료를 위한 임상적 감염진단과는 구별되며 감염감시는 감염 발생 추이를 정확하게 확인하는 것이 중요하다. 따라서 정확한 감염감시를 위해서는 양성 예측도를 높이는 것뿐만 아니라 감염사례가 아님을 구별하는 특이도를 높이는 것도 필요하다(Woeltje et al., 2014).

## 6. 업무 효율성

업무 효율성(work efficiency)은 인력, 시간 등 투입된 자원 대비 최고의 가치 및 결과를 얻는 것을 의미한다(Palmer & Torgerson, 1999). 본 연구에서의 업무 효율성은 감염감시 업무에 소요되는 시간의 비교를 의미한다.

감염감시 소요시간은 기존의 EMR을 수기 검토하는 수기감시 방법과 자동감시 툴을 이용한 자동감시 방법으로 한 건의 감시 사례를 진단하는데 소요되는 시간을 타이머를 이용하여 초단위로 자가 측정된 결과이다. 감염감시는 감염 발생을 모니터링하기 위해 감시에 필요한 정보 수집, 검토 및 분석, 사례 확인, 보고를 포함하며(유진홍 et al., 2017), 본 연구에서는 정보 수집, 검토 및 분석, 사례 확인 및 등록까지 소요시간을 측정하였다. 정확한 시간 측정을 위해 사례 진단은 통제된 환경에서 연구자가 관찰 가능한 장소에서 시행하였다.

## 제 2 장 문헌고찰

본 장에서는 유치도뇨관 관련 요로감염, 의료관련감염감시, 전자 의무기록을 활용한 자동감시 및 CAUTI 자동감시에 대한 문헌을 고찰하였다.

### 제 1 절 유치도뇨관 관련 요로감염

요로감염은 입원한 성인 환자에게서 발생하는 가장 흔한 감염으로 전체의료관련감염의 30~40%를 차지하고, 1~10%의 발생률을 보인다. 특히 중환자실에서 요로감염의 발생률은 8~12%로 높게 보고된다(Gould et al., 2010). 병원에서 발생하는 요로감염은 76.5%에서 95% 이상이 유치도뇨관(indwelling urinary catheter)과 관련이 있다(박은숙 외, 2011; 최정현 외, 2017). 우리나라에서는 200병상 이상의 총 256개 기관 340개 중환자실에서 2019년 7월부터 2020년 6월까지 의료관련 요로감염이 1,646건(36.7%)이 보고되었으며, 신경외과중환자실에서 가장 높은 감염률을 보였고, 규모가 큰 병원일수록 감염률이 높게 나타났다(김은진 외, 2021). 유치도뇨관 관련 세균뇨의 위험인자는 유치도뇨관 삽입 기간, 여자, 요로 병원체의 요도구 집락 형성, 소변 주머니에 세균 집락 형성, 카테터 관리 부실, 치명적 기저 질환, 질환의 중증도, 고령, 당뇨 등으로 알려져 있다(최정현 외, 2017). 유치도뇨관을 삽입하는 경우 세균뇨가 발생할 위험은 매일 3~10% 정도 증가하고, 30일 이후에는 100%에 이른다. 따라서 요로감염을 예방하기 위해서는 유치도뇨관 삽입을 제한하고,

불가피하게 삽입 시에는 무균술을 준수하며, 폐쇄 시스템을 유지하는 것이 중요하다(Gould et al., 2010; WHO, 2002). CAUTI 발생 시 유병률, 입원기간 및 의료 비용이 증가할 수 있어 감염 예방이 중요하다(AI-Tawfiq & Tambyah, 2014; 유진홍 외, 2017). 감염 예방을 위한 감염관리는 감염 발생에 대한 감시로부터 시작되며, 교육받은 인력에 의해 표준화된 방법으로 지속적으로 감염 발생을 모니터링하고 그 결과를 공유함으로써 문제를 파악하고 감염예방 활동을 계획하고 수행하는 것이다(WHO, 2002; 유진홍 외, 2017). CAUTI는 삽입 기구 감염 중 대표적인 감염으로 약 50~70%까지 예방이 가능하다고 보고되며, CAUTI 발생률이 의료기관의 감염예방활동의 지표가 되기도 한다(Umscheid et al., 2011).

미국 CDC는 감염감시에서 표준화된 감시 기준을 적용할 것을 권고하고 있고, NHSN는 가장 널리 사용되고 있는 진단기준이다(Chuang & Tambyah, 2021). 유치도뇨관 관련 요로 감염에 대한 NHSN 기준은 업데이트되고 있으며 2015년에 곰팡이균 등 일부 균 종이 CAUTI 원인균에서 제외되었으며 세균수에 대한 기준도  $10^5$  CFU/ml 이상으로 변경되었다(Fakih et al., 2017). NHSN 기준의 CAUTI는 관련 미생물 결과와 유치도뇨관 관련 기준, 요로감염 관련 증상 등의 기준을 모두 충족하여야 한다(CDC, 2022). 요로감염 관련 증상으로 1세 이하의 환자는 36도 미만의 저체온, 무호흡, 서맥, 기면, 구토 증상 중 하나 이상이 확인된 경우도 포함한다. 소변배양에서 mixed flora는 NHSN 기준의 원인균에서 유효한 균은 아니며, 특정하게 확인되지 않은 yeast 또는 *Candida species*, mold, dimorphic fungi, parasites도 요로감염 진단 원인균에서 제외된다. NHSN의 무증상 균혈성 요로감염(Asymptomatic Bacteremic Urinary Tract Infection, ABUTI)의 진단기준은 요로감염 관련 증상이나

징후가 없고, 소변배양에서 두 종류 이하의 미생물 중 최소 한 가지가  $10^5$  CFU/ml 이상으로 나온 경우이다. 또한 소변 검체에서  $10^5$  CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하는 경우이거나, 피부 정상 상재균이 소변에서 나온 경우이며 모든 요소는 진단기준 충족 기간(IWP) 이내에 발생하여야 한다(CDC, 2022). 무증상 세균성 요로감염 중 유치도뇨관 관련 감염일 경우에는 유치도뇨관 관련 요로 감염에 포함하여 감염관리를 수행한다.

## 제 2 절 의료관련감염감시

감염감시의 궁극적인 목적은 감염 발생 감소에 있고, 상시에 다수의 환자를 감시하기 위해서는 효율적이고 체계적인 감시 방법이 필수적이며 목표로 하는 감염관리 대상에 따라 감시 대상과 방법을 선택하게 된다(Gould et al., 2010; 최정현 외, 2017). 미국에서는 1980년대 이후 감염 발생 감시가 점점 증가하였지만 감시에 소요되는 인력과 비용이 막대하므로 이에 대한 비용 효과적인 면에 의문이 제기되었다. 이를 검증하기 위해 Study on the Efficacy of Nosocomial Infection Control (SENIC) project가 시행되었고, 그 결과 감염관리 프로그램은 효율적이고 체계적인 감염감시가 필수적이며 감염 발생 감시를 통해 의료관련감염을 32%까지 감소시킬 수 있고 이러한 프로그램이 없는 병원은 감염이 18% 증가한다고 보고하였다(Hughes, 1988). 이후 World Health Organization (WHO, 2002)는 각 국가마다 의료관련감염 감시체계를 구축하도록 권고하고 있다.

우리나라에서는 1996년 대한의료관련감염관리학회 주관으로 전국 13개 대학병원과 2개의 종합병원에서 감염감시 체계가 시작되었고, 2006년부터 인터넷 기반의 감시 체계인 전국의료관련감염 감시체계 Korean National Healthcare-associated Infections Surveillance System (KONIS)를 구축하여 운영하고 있다(김은진 외, 2021). 전국의 대상 기관 319개 중 256개(80.3%) 기관이 참여하여 표준화된 방법으로 진단하고, 웹 기반의 전산프로그램(web based report and analysis program, KONIS WRAP)을 이용하여 각 의료기관에서 시행한 감시 사례를 입력하고 있다. KONIS WRAP에 입력된 정보로 각 병원의 중환자실에서 발생하는 요로감염,

혈류감염, 폐렴 감염률을 산출하여 2007년 7월부터 연간 중환자실 의료관련감염률 자료를 매해 보고하고 있다(최영화, 2018).

의료기관 내 전체 환자를 대상으로 모든 의료관련감염 발생을 조사하는 의료기관 전체 감시 방법은 전체적인 감염 발생 파악이 가능하며 문제를 조기에 발견할 수 있지만 시간과 노력이 많이 필요하다. 또한 자료의 정확도 문제와 상세한 자료를 수집하는 작업에 어려움이 있다(최정현 외, 2017). 감염감시는 환자의 의무 기록과 현장 확인을 통해 이루어지는 활동으로 감염 예방을 위해 전체 병동을 대상으로 전 영역의 의료관련감염을 감시하는 것이 필요하다(Streefkerk et al., 2020). 다만 시간 소모가 크고 노력이 많이 들어 국내에서는 제한된 인력으로 효율적인 감염관리를 하고자 병원 상황에 따라 소규모로 감시를 진행하고 있는 실정이다(이성은, 1994). 감염감시는 감염관리 업무에서 중요도는 높으나 감시를 시행하는 감염관리간호사의 역량에 따라 수행도가 낮아 경험이 많지 않은 초보자에서 감시 자료의 비판적 분석에 대한 보완이 필요하다(최종림, 2018). 호주에서 138개 병원을 대상으로 한 연구에서 감염관리 간호사는 업무 시간의 36%를 감시활동에 소요하며 그 중 56%는 데이터 수집에 사용하고 있어 감시 업무의 효율성을 제기하였다(Mitchell et al., 2016). 미국에서 289개의 병원을 대상으로 한 연구에서 감염관리 업무의 44.5%를 감시 데이터 수집 및 분석에 사용하고, 약 13%만이 감염 예방 활동에 시간을 소요하고 있어 효율적이고 효과적인 감염관리를 위해 감시 전산화를 권고하고 있다(Stone et al., 2009).

### 제 3 절 전자의무기록을 활용한 자동감시

감염감시는 감염예방 프로그램의 핵심이며 기존의 감시 방법은 수작업으로 노동 집약적이며 사람의 실수와 평가자 간 신뢰의 우려로 자동화된 감시의 개발 및 활용으로 이어지고 있다(Streefkerk et al., 2020; van Mourik et al., 2021; Verberk et al., 2022; Wald et al., 2014). 노동집약적인 수기감시 과정을 개선하기 위해 반자동 혹은 완전 자동화 방법으로 다양한 전산 감시 시스템이 개발되었고(Freeman et al., 2013; Streefkerk et al., 2020), 이러한 전산 감시 시스템은 감시 업무의 효율성과 신뢰도를 향상시키고(Lin & Trick, 2021), 12.5-98.4%의 감염관리전담자의 업무 시간 단축 효과를 보고하였다(Russo et al., 2018). 전자 감시 시스템에 대한 78개의 관련 연구에서 보고된 전자 감시 시스템의 민감도는 0.8 이상으로 높았고, 특이도는 0.37-1 사이로 다양하게 보고되었다(Streefkerk et al., 2020). 3,500명상의 중국 병원에서 미생물 검사, 항생제 사용, 혈청학적 검사, 발열, 영상검사 결과를 바탕으로 의료관련감염 의심 사례를 식별하고, 관련 데이터의 시계열 보고서를 생성하는 감시 시스템을 개발하였고, 민감도 98.8%, 특이도 93.0%로 높은 정확도와 업무 시간을 약 200% 절약할 수 있었다고 보고하였다(Du et al., 2014). 호주의 2,200명상의 의료기관에서 중환자실 환자를 대상으로 한 자동감시 시스템을 적용하여 기존 감시 방법과 비교하여 민감도 90.3%, 특이도 100%로 확인되었고, 기존 감시 방법에 비해 자동감시로 약 85%의 시간 절약 효과를 보고하였다(Koller et al., 2010).

자동감시의 유용성이 확인되고 있지만, 대부분은 연구환경에서 개발 및 구현되어 개발된 시스템의 25%만이 실제로 임상적으로 사용되고

있다(de Bruin et al., 2014; Verberk et al., 2022). 이제까지 보고된 전자 지원 감시 시스템은 구조화된 데이터를 기반으로 한 의사 결정 트리인 경우가 많았지만 최근에는 로지스틱 회귀 모델, 자연어 처리 프로세스 및 다양한 기계학습 방법 등으로 개발되고 있다(Dos Santos et al., 2021; Scardoni et al., 2020; Sips et al., 2017). 의료관련감염을 제어하기 위한 인공 지능 기반 도구의 체계적 문헌 고찰에서 63%는 기계학습 모델이었고, 전반적으로 기계학습 기반 모델이 다른 모델과 비교 시 동등하거나 더 나은 성능을 발휘하고 있다는 중간 정도의 근거를 보고하였다(Scardoni et al., 2020). 자동화된 의료관련감염 감시 시스템을 성공적으로 구현하기 위해서는 전자 의무 기록의 고품질 데이터 가용성과 이러한 데이터에 접근할 수 있도록 잘 설계된 정보 기술 인프라가 필수적이다(Sips et al., 2017).

우리나라에서는 항생제 처방, 미생물 배양 검사, 감염내과 타과 의뢰 3가지 정보를 이용하여 감시 대상자를 선별하는 반자동 수술부위 감염감시 툴을 유일하게 보고하였는데 민감도 96.7%, 양성 예측도 4.1%로 수기감시 대상자를 줄일 수 있어 효율 향상을 보고한 바 있다(Cho et al., 2018).

## 제 4 절 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시

많은 나라에서 채택하고 있는 NHSN의 CAUTI 진단기준은 복잡하고, 주관적인 판단이 필요하여 관찰자 간 변동성이 크고, 시간 소요가 심해 자동감시 툴 개발이 시도되고 있다(CDC, 2022; Wright et al., 2017). 3차 의료기관에서의 CAUTI의 자동감시 툴에 대한 정확도를 평가하기 위해 16,492명의 환자를 대상으로 한 6건의 연구를 메타 분석하였을 때 통합 민감도(pooled sensitivity)는 97.5% (95% CI, 67.6-99.9), 통합 특이도(pooled specificity)는 92.6% (95% CI, 55.2-99.2)로 확인되어 자동화된 CAUTI 감염감시는 높은 민감도와 특이도로 유용한 도구임을 확인하였다(Shen & Cui, 2021). 947병상의 의료기관에서 417건의 CAUTI 고위험 환자를 선별하여 CAUTI를 4가지 방법으로 비교하였는데, (1) 감염관리실무자에 의한 수기 검토, (2) 병원의 데이터 베이스를 이용한 전자감시(electronic surveillance), (3) 전자감시를 통해 확인된 환자의 정보를 연구 조사자가 기록 검토, (4) 수기 기록과 전자감시를 통해 확인된 환자를 연구 조사자가 합의한 결과 중 4번 방법을 표준으로 하여 효과 평가를 진행하였다. 그 결과 (1) 수기감시는 민감도 43.8% (26.4%-62.3%), 특이도 82.5% (75.3%-88.4%)인 반면, (2) 전자감시는 민감도 100.0% (89.1%-100.0%), 특이도 2.8% (0.8%-7.0%)였고, (3) 전자감시와 연구 조사자의 기록검토를 병행했을 때 민감도 100.0% (89.1%-100.0%), 특이도 100.0% (97.5%-100.0%)로 보고하여, 감시의 신뢰성과 자원의 활용 면에서 전자감시를 활용한 감시 방법의 유용성을 확인하였다(Hsu et al., 2015).

CAUTI 자동감시 툴 개발 시 미생물 검사 결과와 요로감염 증상을 반영한 알고리즘이 유용한데, Hsu 등(2015)의 연구에서 미생물 검사 결과,

유치도뇨관 관련 정보, 입원, 퇴원 정보를 이용한 CAUTI 자동감시 툴의 민감도는 100%이나 특이도가 2.8% (0.8-7.0%)로 낮았으나 발열 정보를 추가하였을 때 민감도 78.1% (60.0-90.7%), 특이도 100% (97.5-100%)로 특이도가 크게 향상되어 발열 정보가 자동감시에서 필수 정보임을 보고하였다. 스웨덴에서 18세 이상의 2,979명의 입원 환자를 대상으로 한 유치도뇨관 관련 자동감시 툴 개발 연구에서 미생물 검사 결과와 요로감염 증상을 결합한 알고리즘이 위양성을 줄이는데 유용하다고 보고하였다(van der Werff et al., 2021). 또한 긴급뇨, 빈뇨, 배뇨장애 등 요로감염 증상과 혈액 배양 양성 결과를 추가한 알고리즘이 민감도 0.667 (95% CI, 0.597-0.733), 특이도 0.997 (0.996-0.998), 양성 예측도 0.719 (0.624-0.807)로 가장 유용한 감시 로직으로 확인하였다(van der Werff et al., 2021).

Lo 등(2014)의 연구에서는 730병상의 3차 의료기관에서 6가지 변수 (발열, 소변배양, 혈액 배양, 소변 검사, 항생제 사용, 삽입 기구)로 CAUTI 의심 사례를 자동 분류한 웹 기반의 시각화 대시보드를 구현하여 기존 감시 방법과 비교하였다. 그 결과 자동감시는 민감도 100%, 특이도 94.6%의 높은 정확도와 수기감시에 비해 39%의 시간 단축 효과와 더 많은 자료를 분석할 수 있고, 실시간 자료 리뷰가 가능해 유용하다고 보고하였다. Shepard 등(2014)의 연구에서는 발열 외 주관적 요로감염 증상을 제외한 CAUTI 자동감시 알고리즘을 개발하여 약 97%의 사례 검토 대상을 줄여 감시 효율성을 높였다고 보고하였다. 최근 EMR의 자연어 처리(free text processing)를 통해 주관적 임상증상을 포함한 자동감시 알고리즘을 구현하여 1,567명의 유치도뇨관 삽입 환자에 대한 전향적 연구에서 민감도 97.1%, 특이도 94.5%, 양성 예측도

66.7%, 음성 예측도 99.6%의 높은 정확도를 나타내는 틀을 개발하여 보고하였다(Sanger et al., 2017).

이와 같이 NHSN 기준에 따른 CAUTI 알고리즘을 구조화된 EMR 정보를 이용하여 전산화하였을 때 높은 민감도와 특이도로 수기감시를 대체할 수 있음을 확인하였으나 우리나라에서는 아직 개발 및 적용에 대한 보고가 없었다.

### 제 3 장 연구 방법

본 연구는 NHSN 기준을 반영한 CAUTI 자동감시 툴을 개발하고, 정확도와 업무 효율성을 비교하는 정보 시스템 개발 연구이다. CAUTI 자동감시 툴 개발 및 평가는 시스템 개발 생명 주기(software development life cycle, SDLC)에 따라 분석, 설계, 개발, 구현 및 평가의 단계로 진행 되었다(Figure 1).

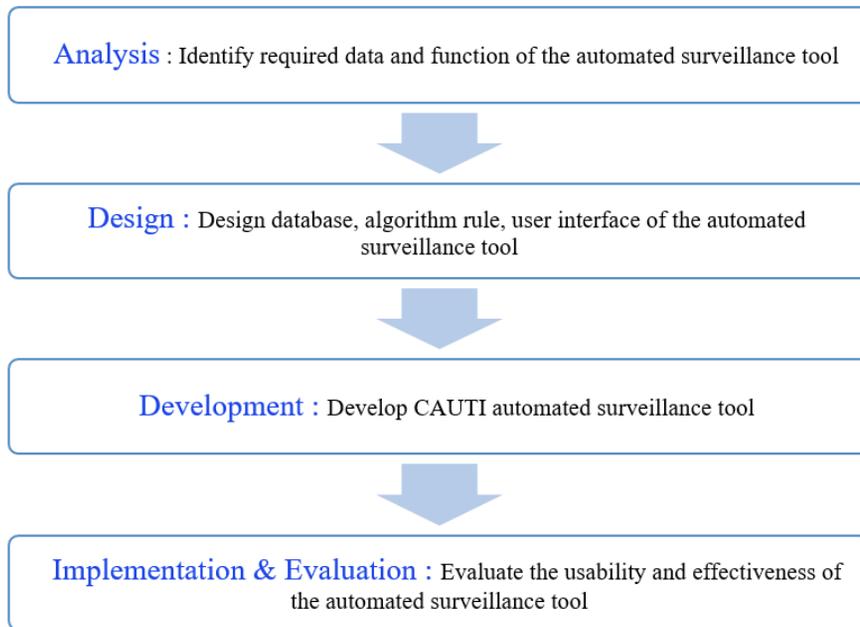


Figure 1. The Development Process of the Automated Surveillance Tool

## 제 1 절 분석

분석 단계에서는 CAUTI를 진단하기 위한 NHSN 규칙을 분석하여 자동감시 툴에 필요한 데이터를 추출하고 자동감시 툴의 기능에 대한 요구사항을 분석하였다. 필요 데이터 항목 및 기능에 대한 요구사항 분석을 위해 서울 소재 2,743병상의 한 상급종합병원 감염관리실에서 근무하는 감염관리실무전문가 5인과 관리자 3인이 2021년 10월 한 달 동안 5차례 회의를 거쳐 필수 기능을 도출하였다. 감염관리실무전문가 및 관리자는 감염관리실 경력 5년 이상으로 감염감시 업무를 수행한 경험이 있는 자로 선정하였다. 논의를 거쳐 도출된 기능을 감시 업무를 담당하는 감염관리실 소속 간호사 10인을 대상으로 기능에 대한 추가 요구사항을 반영하였다.

## 제 2 절 설계

설계 단계에서는 NHSN CAUTI 알고리즘 규칙 흐름, CAUTI 자동감시 툴에 필요한 테이블 간의 관계 및 데이터베이스, 분석 단계에서 도출된 자동감시 툴의 사용자 툴의 기능을 설계하였다.

### 1. CAUTI 자동감시 알고리즘 규칙 흐름(Flow) 설계

CDC NHSN 기준에 따른 CAUTI 감시 알고리즘 규칙을 설계하였다. 입원 환자의 소변배양 양성 검사 결과에서 의료관련 요로감염 진단기준에 부합하는 미생물 균수, CAUTI로 진단 가능한 미생물 종류, 유치도뇨관 관련 정보와 환자의 연령에 따른 요로감염 관련 증상을 확인하고, 증상이 없는 경우 혈액 배양 결과에서 확인된 미생물과 요로감염으로 소변배양에서 확인된 미생물이 동일한지 확인한다. 미생물 검사 시행일과 증상 발현일 중 빠른 날을 감염발생일로 설정하고, 진단기준에 사용된 모든 요소는 감염발생일 기준 앞 뒤 3일간의 진단기준 충족 기간 내인지를 확인한다. 중복 진단을 배제하기 위해 감염발생일을 기준으로 14일이내인 동일 감염 불가 기간을 설정하였다. NHSN기준에 부합하는 요로감염 증상은 발열 외 치골 상부 압통, 늑골 척추각 동통 또는 압통, 유치도뇨관 제거된 상태에서의 절박뇨, 빈뇨, 배뇨곤란을 포함하고 있으나 주관적 요로감염 증상이 구조화된 정보로 입력되지 않아 본 연구의 알고리즘 규칙 설계에는 제외하였다.

## 2. CAUTI 자동감시에 필요한 데이터베이스 설계

전산개발팀의 데이터베이스 관리자와 필요 데이터를 공유하고, 연구병원에서 사용하는 의료정보 시스템 인 AMIS 3.0 내에서 구동하는 클라이언트 와 서버의 데이터베이스 및 테이블 간의 관계를 설계하였다.

## 3. 사용자 인터페이스(User Interface) 설계

분석단계에서 도출된 기능을 구현하기 위해 Microsoft의 Excel 2016과 PowerPoint 2016 프로그램을 사용하여 사용자 인터페이스를 설계하였다. 분석 단계에서 추출된 모든 기능을 감시 업무를 용이하게 할 수 있는 흐름으로 설계하였고, 이 과정에 감염관리실 전체 팀원의 의견을 반영하였다.

### 제 3 절 개발

데이터베이스 설계, 인터페이스 설계, 알고리즘 규칙을 반영한 CAUTI 자동감시 툴은 연구병원에서 사용 중인 의료정보시스템인 AMIS 3.0 내에 감염관리실 업무 전산 프로그램으로 개발되었다. 개발 환경은 Microsoft Visual Studio 2015 (.Net Framework 4.6)에서 DevExpress Component와 Application Service Shell은 C#을 이용하였고, Eclipse 개발환경 및 Oracle Database(19c) 기반으로 개발되었다(Figure 2). 개발 기간은 2022년 1월부터 6월까지 6개월이 소요되었다.

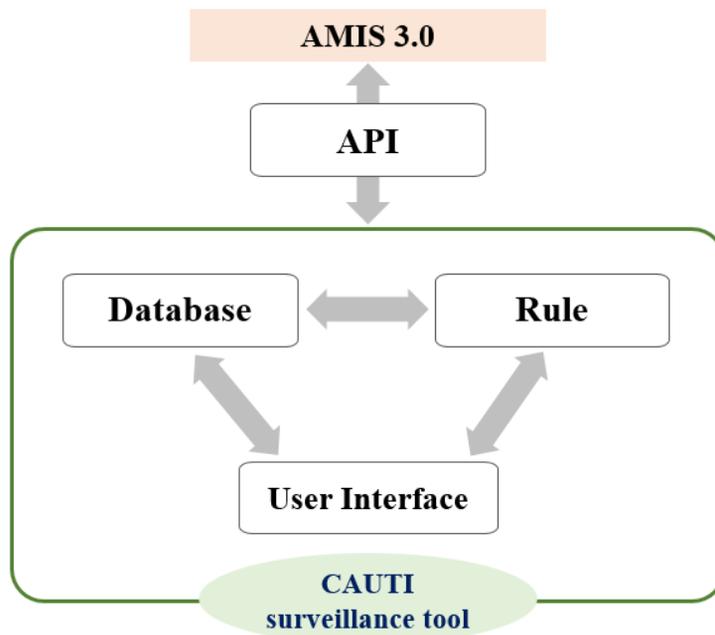


Figure 2. System Architecture of the Automated Surveillance Tool

Note: AMIS, Asan Medical Information System; API, Application Programming Interface; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

## 제 4 절 구현 및 평가

구현된 자동감시 툴은 2022년 1월부터 6월까지 AMIS 3.0 내에 구현하였고, 연구 시행 의료기관은 서울 소재 2,743병상의 한 상급종합병원으로 연구에 참여하는 대상자는 해당 의료기관의 감염관리실에서 근무하는 감염관리간호사 28인 중 감시업무에 경험이 있고, 연구 참여에 동의한 10인을 대상으로 하였다. 참조 표준인 수기감시 방법의 신뢰도는 감시자 간 신뢰도 검증을 통해 평가하였다. 자동감시 툴은 사용자 인터페이스에 대한 사용자 경험을 평가하는 사용성 평가(usability evaluation), 수기감시(참조 표준) 결과와 자동감시 툴을 이용한 감시 결과를 비교하는 정확도 평가, 수기감시 방법과 자동감시 툴을 이용한 자동감시 방법으로 감시 사례 진단에 소요되는 시간을 측정하여 비교하는 업무 효율성 평가로 평가하였다(Table 1).

Table 1. Types of the Automated Surveillance Tool Evaluation

What	How
1. Usability of the automated surveillance tool	A self-administered usability evaluation questionnaire for the automated surveillance tool by the infection preventionists.
2. Accuracy of the automated surveillance tool	Calculated sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value by comparing the results of surveillance performed using the manual surveillance method (reference standard) with the results of surveillance identified by the researcher using the automated surveillance tool.
3. Effectiveness of the automated surveillance tool	Compared the self-reported time spent by infection preventionists performing infection surveillance using conventional versus automated surveillance methods.

## 1. 감시자 간 신뢰도 검증

### 1) 연구 대상자

연구에 참여한 10인의 감염관리간호사는 감염관리간호사회 혹은 대한감염관리학회에서 시행하는 감염감시 관련 교육을 이수하고, 감염관리실에서 감시업무를 시행한 경험이 있는 감염관리간호사이다.

### 2) 대상 사례

서울 소재 한 상급종합병원에서 2020년 1월1일부터 12월31일까지 중환자실 재원 환자의 소변 검사에서 미생물 배양 양성 중 CAUTI 사례 확인 시 난이도가 높고, 진단 혹은 미진단 사유가 다양한 10사례를 선정하였다. 선정된 10사례 중 3사례는 CAUTI 미진단 사례로 구성하였다.

CAUTI 진단 사례는 요로감염 원인 미생물 및 배양된 세균수를 다르게 선정하여 진단 가능 미생물에 대한 기준 고려가 필요한 사례, 유치도뇨관 교체로 유치도뇨관 유지 일자와 감염발생일에 대해 검토가 필요한 사례, 1세 미만 환아가 저체온 증상으로 CAUTI 진단된 사례, 2종의 서로 다른 미생물 분리 사례 등으로 구성하였다. CAUTI 미진단 사례는 유증상 요로감염 진단이 가능하나 유치도뇨관이 제거된 사례, CAUTI 대상 제외 미생물 사례, 감염 발생 전일 유치도뇨관을 삽입한 사례로 선정하였다.

### 3) 자료수집 방법

2023년 2월 연구자가 관찰 가능한 통제된 환경에서 미생물 배양 양성 사례에 대해 EMR에서 관련 정보를 수기검토하여 NHSN 기준에 따라 CAUTI 여부를 수기감시 방법으로 진단한 결과의 정확도와 감시자 간 진단 결과의 일치도를 확인하였다.

### 4) 자료 분석

감염관리간호사 10인의 감시 결과 정확도와 감시자 간 일치도(%)를 산출하였다.

## 2. 자동감시 툴의 사용성 평가

### 1) 연구 대상자

연구에 참여한 10인의 감염관리간호사가 자기 기입식 사용성 평가 설문지를 작성하였다.

### 2) 자료수집 방법

2023년 3월에 자기 기입식 설문지를 배부하여 평가하였다.

### 3) 평가 도구

Lewis 등(2002)에 의해 2002년도에 만들어진 Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)로 전은주(Jeon & Park, 2015) 등의 연구에서 사용한 한국어판 16문항의 PSSUQ 도구를 저자의 사용 동의를 받아

사용하였다(부록 10). PSSUQ는 1점(매우 동의)에서 7점(매우 동의하지 않음)의 7점 리커트 척도로 점수가 낮을수록 성능과 만족도가 더 높다.

#### 4) 자료 분석

자료 분석은 SPSS version 26.0 for windows 프로그램을 이용하여 분석하였다. 연구에 참여한 간호사의 경력은 기술 통계로 분석하였고, 설문 결과는 평균 점수로 산출하였다. 시스템의 유용성은 질문 1번부터 6번 질문의 평균 점수, 정보의 질은 질문 7번부터 12번의 평균 점수, 인터페이스의 질은 질문 13번부터 15번의 평균 점수로 산정하며, 전체 결과는 전체 점수를 평균하여 산출하였다.

### 3. 자동감시 틀의 정확도 평가

#### 1) 연구 대상자

연구에 참여한 10인의 감염관리간호사는 NHSN CAUTI 기준에 따라 수기감시 방법으로 사례를 진단하였다.

#### 2) 대상 사례

2022년 4월1일부터 6월30일까지 해당 의료기관에 소아를 포함하여 중환자실과 병동에 입원한 전체 환자 31,719명이 시행한 소변 검사 결과 중 배양 결과 양성으로 확인된 총 4,620건을 대상으로 하였다.

### 3) 연구 시행 기관

서울 소재 2,743병상의 한 상급종합병원으로 신생아, 소아 중환자 병상을 포함하여 총 217병상의 중환자실을 운영하고 있다. 의료관련감염 중 삽입기구관련 감염감시는 중심정맥관 관련 혈류감염, CAUTI, 인공호흡기 관련 폐렴에 대해 감염 고위험군인 중환자실 재실 환자를 대상으로 시행한다. 감시 방법은 감염관리간호사가 매주 미생물 양성 검사 결과 환자를 대상으로 EMR을 수기 검토하여 감시를 시행하며 월별로 감염감시 결과를 보고한다.

### 4) 자료수집 방법

정확도 평가는 2023년 2월부터 3월까지 시행되었다. 감염관리간호사 1인당 소변배양 양성 사례 462건에 대해 EMR을 수기검토하여 NHSN 기준에 부합하는 CAUTI 사례를 진단하였고, 논의가 필요한 사례는 다른 감시자와 함께 2인 이상이 논의하여 확정하도록 하였다.

수기감시 방법은 감시 사례 진단을 위해 관련 정보를 EMR 개별 화면에서 조회한다. 미생물 검사 결과 조회 화면에서 소변배양 양성 결과 환자를 선별하여 NHSN CAUTI 진단에 부합하는 미생물 종류와 세균수를 수기 검토한다. 간호 기록과 의사 기록에서 진단기준 충족 기간 내에 발현된 요로감염 증상이 진단기준에 부합하는 지를 확인하고, 간호 처치 기록에서 유치도뇨관 관련 정보를 확인한다. 요로감염 증상이 없는 경우 혈액 배양 양성 결과를 확인하여 요로감염의 원인균과 동일한 균인지를 확인한다. NHSN 기준에 부합하는 CAUTI 사례는 별도의 증례 기록지를 수기 작성하였다(Figure 3).

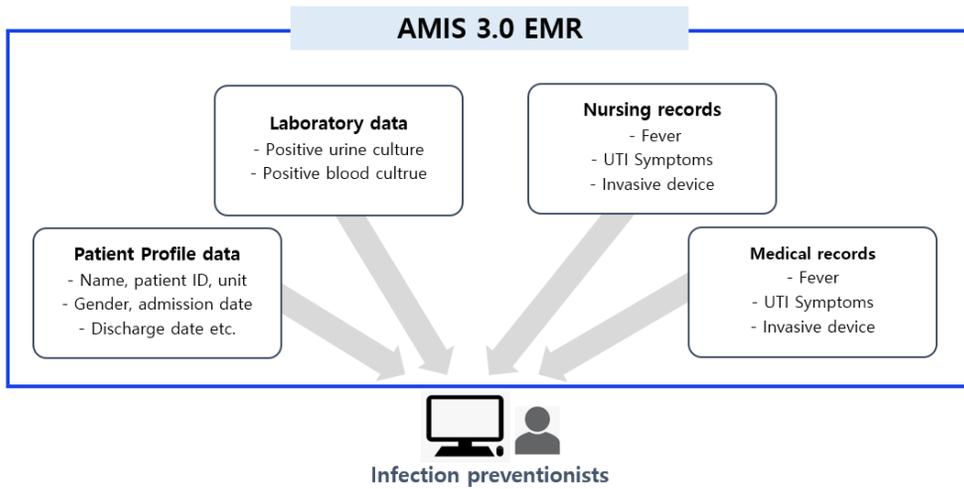


Figure 3. The Conventional Surveillance System

*Note:* AMIS, Asan Medical Information System; EMR, electronic medical record; UTI, urinary tract infection

자동감시 결과는 연구자가 동일 연구 기간내 환자를 대상으로 자동감시 틀을 이용하여 CAUTI로 분류된 사례를 확인하였다. 사례 결과는 소변배양 양성 전체 건수에서 CAUTI로 분류된 사례와 분류되지 않은 사례로 구분하여 비교하였다(Figure 4).

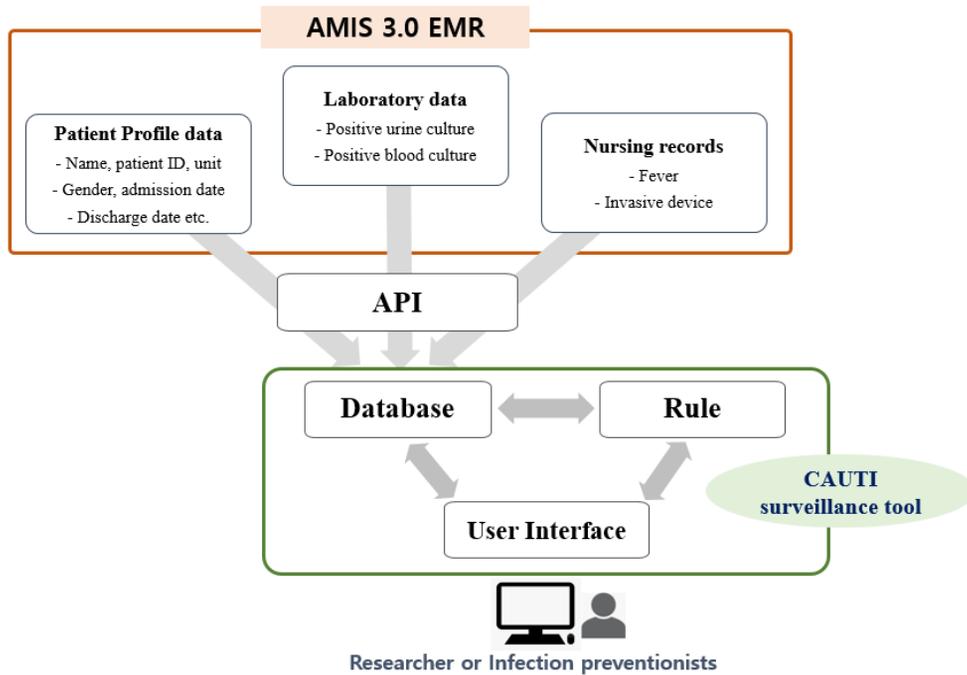


Figure 4. The Automated Surveillance System

Note: AMIS, Asan Medical Informaiton System; EMR, electronic medical record; API, Application Programing Interface; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

##### 5) 자료 분석

참조 표준(reference standard)인 수기감시 결과와 자동감시 틀을 이용한 감시 결과(test)를 비교하여 민감도(Sensitivity), 특이도 (Specificity), 양성 예측도(Positive Predictive Value, PPV), 음성 예측도 (Negative Predictive Value, NPV)를 산출하여 분할표로 제시하였다(Table 2). 통계적 유의 수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였고, 95% 신뢰 구간은 Wilson score method로 산출하였다.

Table 2. Confusion Matrix

		Reference		Subtotal
		CAUTI	Non-CAUTI	
Test	CAUTI	TP(true positive)	FP(false positive)	TP+FP
	Non-CAUTI	FN(false negative)	TN(true negative)	FN+TN
Subtotal		TP+FN	FP+TN	

Note: CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

$$\text{민감도(Sensitivity)} = TP / (TP+FN) \times 100$$

$$\text{특이도(Specificity)} = TN / (FP+TN) \times 100$$

$$\text{양성 예측도(Positive Predictive Value, PPV)} = TP / (TP+FP) \times 100$$

$$\text{음성 예측도(Negative Predictive Value, NPV)} = TN / (FN+TN) \times 100$$

#### 4. 자동감시 툴의 업무 효율성 평가

##### 1) 연구 대상자

연구에 참여한 10인의 감염관리간호사가 CAUTI 사례를 한 건 진단하는데 소요되는 시간을 자가 측정하여 비교하였다.

##### 2) 대상 사례

사례 검토 대상 환자는 서울 소재 한 상급종합병원에서 2021년 1월1일부터 12월31일까지 재원한 환자의 소변배양 양성건을 대상으로 하였다.

### 3) 자료수집 방법

업무 효율성 평가는 2023년 3월에 시행되었고, 감염관리간호사 1인당 소변배양 양성 20건을 배정하였다. 대상 사례는 소요시간 측정 시 감시 사례의 난이도로 인한 차이를 최소화하기 위해 연구자가 감시 사례의 중증도가 보정될 수 있도록 한 쌍씩 페어로 배정하였다. 감염관리간호사는 배정받은 사례 20건에 대해 사례마다 수기감시와 자동감시 두 가지 방법으로 모두 감시를 시행하며, 무작위로 5인은 수기감시를 먼저 시행하고, 나머지 5인은 자동감시를 먼저 시행하며 감시 방법을 사례마다 번갈아 수행하여 소요시간 측정 기록지에 기록하였다(부록 11).

정확한 시간 측정을 위해 연구자가 관찰 가능한 통제된 환경에서 시행하였으며, 연구 참여자 모두 동일한 기준으로 시작과 종료 시점을 정하였다. 수기감시는 AMIS 3.0에 로그인한 후를 시작으로 하여, NHSN 기준에 따라 사례 수기 검토 후 CAUTI로 진단된 사례는 별도의 증례 기록지(부록 13)에 작성을 완료하는 시점을 종료로 하였다. 자동감시는 AMIS 3.0에 로그인한 후를 시작으로 하여, 자동감시 툴의 감염감시 대상관리에서 조회 일자를 환자 사례에 맞게 변경하여 조회한 후 감염 진단 환자 등록 화면에서 관련 정보를 확인하였다. CAUTI로 진단된 사례는 삽입 기구 정보를 확인하여 삽입장소를 입력한 후 사례 등록을 완료하는 시점을 종료로 하였다.

유치도뇨관 관련 정보는 자동 조회되는 정보와 실제 삽입한 장소가 다른 경우가 있어 장소를 확인하여 입력하도록 하였는데, 삽입장소는 감염관리 중재를 위해 중요한 정보이기 때문이다. 수기감시와

자동감시에서 사례 진단에 필요한 관련 EMR 화면 및 조회 내용은 Table 3과 같다.

#### 4) 자료 분석

수집된 자료는 SPSS version 26.0 for windows 프로그램으로 감시 방법에 따른 소요시간을 Student T test를 이용하여 통계 분석하였다. 통계적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였다.

Table 3. Screens for CAUTI Identification in Conventional and Automated Surveillance Systems

Category	Conventional surveillance		Automated surveillance	
	Related screens	Items	Related screens	Items
<b>Login</b>	AMIS 3.0		AMIS 3.0	
<b>Infection surveillance management</b>		N/A	CAUTI patient list	Extract CAUTI patient automatically
			CAUTI patient identification	Review individual patient infection information -Microbiology results -Reason for hospitalization -Indwelling urinary catheter information -Fever symptoms -Admission, transfer, and discharge information
<b>Case information</b>	Microbiology test result	Identification of microorganisms, microbial counts		N/A
	Integrated test result	Review microbiology results		
	Admission note	Review reason for hospitalization		
	Nursing and treatment	Review indwelling urinary catheter placement, maintenance, and removal information		
	Integrated clinical observation	Review fever symptoms		

Note: AMIS, Asan Medical Informaiton System; N/A, not applicable; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

Table 3. (Continued)

Category	Conventional surveillance		Automated surveillance	
	Related screens	Items	Related screens	Items
Case information	Nursing process record	Review UTI-related symptoms		N/A
	Progress note	Review UTI-related symptoms		
	Change physician, unit and room by patient	Review admission, transfer, and discharge information		
Case identification		Identify case manually		Identify case automatically
Case registration	N/A	Register case manually	CAUTI registration	Register case automatically

Note: N/A, not applicable; UTI, urinary tract infection; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

## 제 5 절 윤리적 고려

본 연구는 연구자가 속한 서울아산병원 생명윤리심의위원회 승인을 받았다(IRB No. S2023-0151-0001: CAUTI 자동감시 툴 개발 및 평가). 본 연구 대상자의 서면 동의서에는 연구 목적, 절차, 기대 효과, 자료의 관리, 연구자의 연락처, 연구 참여로 얻게 되는 이점 등을 적시하였다. 생명윤리법에 따라 동의서는 3년, 그 외 연구자료는 서울아산병원 연구윤리지침에 따라 5년간 보관할 예정이다.

## 제 4 장 연구 결과

### 제 1 절 분석

#### 1. NHSN CAUTI 규칙

NHSN 의료관련감염 기준과 NHSN 요로감염 진단기준에서 CAUTI 자동감시 툴 개발을 위한 규칙을 추출한 결과는 Table 4와 같다. NHSN 의료관련 감염 진단기준은 검사 일자와 증상 발현일 중 빠른 날을 감염발생일(DOE)로 설정하고, 모든 요소는 진단기준 충족 기간(IWP) 내에 있어야 한다. 입원일과 감염발생일의 차이에 따라 기감염(POA)과 의료관련 감염(HAI)으로 분류하고, 14일 간의 동일 감염 불가기간(repeat infection timeframe, RIT)에 해당될 경우 다시 진단하지 않는다. NHSN 의료관련감염 기준과 CAUTI 알고리즘을 정리한 모식도는 Figure 5와 Figure 6과 같다.

Table 4. CAUTI Rules Extracted from NHSN Algorithm

- 
- ① If the patient's urine culture is positive, proceed to the next step; otherwise, rule it out as a non-healthcare-associated infection.
  - ② If the organism count is  $\geq 100,000$  CFU/mL organisms meeting the criteria for UTI within the IWP period, proceed to the next step; otherwise, exclude it as not meeting the criteria.
  - ③ If  $\leq 2$  organisms meeting the criteria for UTI are isolated within the IWP period, proceed to the next step; otherwise, exclude them as not meeting the microbial criteria.  
※ The diagnosis of UTI does not require microbiological confirmation or mixed growth.
  - ④ If the duration of exposure (DOE) is  $>2$  days after admission, proceed to the next step; otherwise, rule it out as an underlying infection.
  - ⑤ If an indwelling urinary catheter has been in place for more than 2 days and the date of infection (DOE) is more than 2 days after insertion of the indwelling urinary catheter or less than 1 day after its removal, proceed to the next step; otherwise, rule out as not a catheter-associated infection.
  - ⑥ 1 year and 365 days of age or younger at the time of prescription: If temperature is greater than  $38^{\circ}\text{C}$  or less than  $36^{\circ}\text{C}$  during IWP period, proceed to next step.  
Older than 1 year of age at time of prescription: If the temperature during the IWP period is  $38^{\circ}\text{C}$  or higher, proceed to step 8; otherwise, proceed to step 7.
  - ⑦ If the organism isolated from the blood culture during the IWP is the same as the UTI organism, proceed to the next step; otherwise, rule it out.
  - ⑧ If a CAUTI is diagnosed within 14 days (RIT) of the DOE, exclude it as a new case; otherwise, identify as a new CAUTI.

---

*Note:* UTI, urinary tract infection; IWP, infection window period; DOE, date of event; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection; RIT, repeat infection timeframe

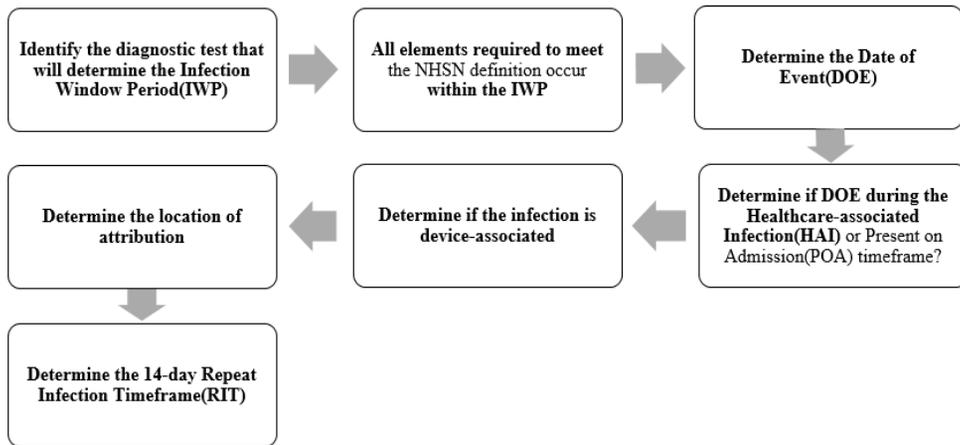


Figure 5. Flowchart for NHSN Event Determination

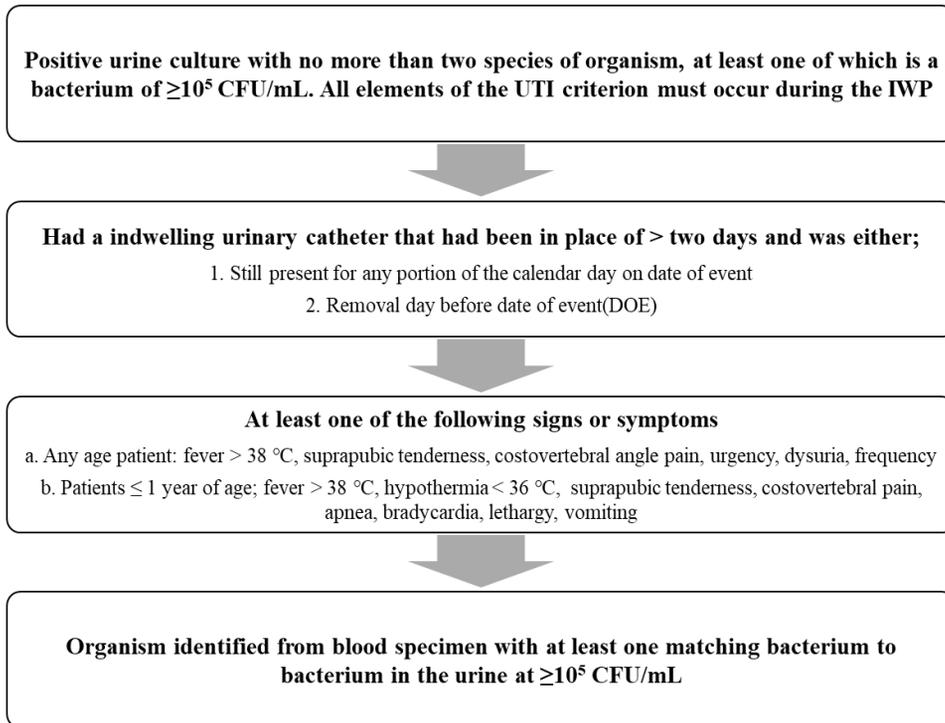


Figure 6. CAUTI Identification Flowchart

Note: UTI, urinary tract infection; CFU, colony forming unit

NHSN CAUTI 진단기준에서 추출한 주요 규칙은 소변 검체의 미생물 배양 검사 결과 양성으로 해당 미생물 군수가 100,000 CFU/mL 이상이고, 요로감염으로 진단 가능한 미생물에 해당되어야 한다. 감염 발생일이 입원일에서 3일을 초과하고, 유치도뇨관을 2일을 초과하여 거치하고, 감염발생일이 유치도뇨관 삽입 후 2일이 경과하거나 혹은 제거 1일 이내인 경우이다. 진단기준 충족기간 내에 요로감염 증상을 확인하고, 증상이 없을 경우 혈류감염 미생물 배양 검사 결과를 확인한다. 1세 이하의 경우 38°C 초과 발열뿐만 아니라 36°C 미만의 저체온도 요로감염 증상에 해당되어 알고리즘 규칙에 포함하였다. 하지만 체온 외 치골 상부 압통, 늑골 척추각 동통 또는 압통, 유치도뇨관을 제거한 후 절박뇨, 빈뇨, 배뇨곤란의 요로감염 증상은 구조화되지 않은 기록으로 본 연구의 알고리즘 규칙에서 제외하였다.

## 2. CAUTI 자동감시 틀에 필요한 데이터 항목

NHSN 의료관련감염 기준과 요로감염 진단기준에서 CAUTI 자동감시 틀에 필요한 데이터 항목을 분석한 결과 필요 데이터는 환자 기본 정보, 원무 정보, 미생물 검사 정보, 유치도뇨관 정보, 요로감염 증상 정보로 분류된다. 미생물 검사 정보는 소변 검체와 혈액 검체의 배양 관련 정보, 유치도뇨관 정보에는 삽입 및 제거 일자가 포함되고, 요로감염 증상 정보는 체온 및 증상 발현 일자가 포함되며, 상세 데이터는 Table 5와 같다.

Table 5. Data Elements for the CAUTI Automated Surveillance Tool

Category	Detailed information
Patient demographic information	Patient number, name, gender, age
Hospitalization information	Admission/transfer/discharge date and unit
Microbiology test results information	Urine culture, blood culture, microorganism type, microorganism count, specimen order date, ordering department
Indwelling catheter information	Indwelling urinary catheter type, insertion date, removal date, indwelling urinary catheter insertion unit
UTI symptoms	Fever (>38°C), hypothermia (<36°C) and date of symptom onset

Note: UTI, urinary tract infection

### 3. CAUTI 자동감시 툴의 기능

기존의 수기감시 방법은 감시에 필요한 정보를 확인하기 위해 EMR을 개별 조회하여 NHSN 알고리즘에 따라 수기 검토한 후 진단 사례에 해당될 경우 별도의 사례 기록지를 수기 작성하였다. 이를 개선하기 위해 CAUTI 자동감시 툴에서는 알고리즘에 따라 자동 진단된 사례에 대한 감염 관련 정보를 한눈에 확인할 수 있고, 진단된 사례는 개별 사례 보고서가 자동 생성되는 기능이 요구되었다. 감염관리 간호사의 요구 사항을 분석한 자동감시 툴의 주요 기능 및 상세 기능은 Table 6과 같다.

### 1) 감시대상 코드 관리 기능

NHSN CAUTI 알고리즘이 변경될 경우 수정 권한을 부여받은 감염관리간호사가 프로그램 수정없이 자동감시 틀의 코드 정보를 용이하게 변경할 수 있도록 하는 기능이다. 변경 관리가 가능한 코드로는 기존의 NHSN 진단기준이 변경된 이력이 있는 진단 가능 미생물 종류, 미생물 균수 기준과 CAUTI 알고리즘에서 가장 중요하게 사용되는 항목으로 EMR에서 변경될 가능성이 있는 검사와 삽입기구 관련 코드이다.

### 2) 감염감시대상 자동 집계 기능

자동감시 틀은 다수의 환자를 대상으로 환자의 의료 정보를 조합해서 NHSN 알고리즘에 따라 결과를 도출하는 규칙 기반의 전산 시스템으로 대량의 데이터 처리로 인한 시스템 부하를 최소화하기 위해 상대적으로 데이터 처리량이 적은 야간 시간대에 일괄 처리될 수 있도록 배치작업을 설정하였다.

### 3) 감염감시대상 관리 기능

감시대상 부서와 감시 조회 기간을 설정하여 감시하는 업무 특성을 고려하여 일자별, 기간별, 병동별, 진료과별, 환자별로 감염감시대상자를 조회하고, 감시대상자의 기본 정보 및 미생물 검사 결과와 감염 발생 관련 정보를 한눈에 파악할 수 있도록 조회하는 기능이다.

#### 4) 감염감시대상환자 등록 기능

NHSN 알고리즘 규칙에 따라 자동으로 분류된 감염감시대상자의 상세 감염관련 정보를 확인하고 진단기준에 부합하는 경우 CAUTI 사례로 등록하는 기능이다. 한 화면에서 환자의 원무정보, 미생물 검사 결과, 삽입기구 정보, 발열 등의 관련 임상 정보 확인이 가능하며, NHSN 감시 기준과 자동진단 결과를 같이 조회할 수 있어 사례 판단에 도움을 줄 수 있다.

#### 5) 감염진단 등록 환자 일괄 조회·개별사례 보고서 생성 기능

진단이 완료된 사례는 감염관리를 위한 기초 자료로 활용되어 추가 분석을 위해 진단된 환자를 일괄 조회한 후 파일로 다운로드하는 기능이다. 진단이 완료된 사례는 감염관리를 위해 관련자들에게 공유하기 위한 개별사례 보고서를 자동 생성하는 기능을 포함한다.

Table 6. Functions for the Automated Surveillance Tool

Key Features	Details
Surveillance code management	View, enter, delete, and download Excel of microbiology test codes, microbiology codes for diagnosing UTI, microbiology codes excluded from UTI diagnosis, and indwelling urinary catheter codes.
Batch processing of surveillance	View batch process results by time period, patient list of batch process results. Aggregate by date, delete aggregate results
Review patient list	Browse infection surveillance patient list and infection diagnosis information by date, time period, unit, department, and patient Link to Infection Diagnosis Patient Registration screen
CAUTI patient registration	Browse infection diagnosis history, patient ID, age, gender, demographic information, admission/transfer/discharge information, microbial culture positive result, indwelling urinary catheter information, UTI-related symptoms, and infection diagnosis results according to NHSN diagnostic criteria. Register and deregister patients with an infection diagnosis Enter and delete infection-related indwelling urinary catheter Print a report of registered patients with CAUTI
CAUTI patient list view	Search the list of patients diagnosed with CAUTI by infection period, infection unit, medical department, and patient Download the list of patients diagnosed with CAUTI by infection period, unit, department, and patient in Excel format. View individual case reports of patients diagnosed with CAUTI Export individual case reports of patients diagnosed with CAUTI to Excel, Hangul, and PDF files.

*Note:* UTI, urinary tract infection; NHSN, National Healthcare Safety Network; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection; PDF, portable document format

## 제 2 절 설계

### 1. CAUTI 자동감시 알고리즘 규칙 흐름

CAUTI 진단 알고리즘(부록 1)과 NHSN의 의료관련감염진단기준(부록 2)을 반영하여 추출한 규칙과 필요 데이터 항목으로 NHSN CAUTI 규칙 흐름을 Figure 7과 같이 설계하였다.

소변 검체에서 미생물 배양 검사 양성 환자에서 해당 미생물의 세균수 조건을 충족하면 2개 이하의 미생물 종류와 진단가능 미생물 여부를 선별한다. 진단기준을 충족하는 미생물의 검체 채취일이 입원 후 2일을 초과한 경우 유치도뇨관 삽입 일자와 제거 일자를 확인한다. 유치도뇨관을 2일 초과하여 거치하고, 감염발생일 기준 유치도뇨관 삽입 후 2일이 초과하거나 혹은 제거 1일 이내인 경우 요로감염 증상을 확인한다. 진단기준 충족 기간 내 발열 혹은 1세 미만인 경우 저체온을 증상을 확인한다. 관련 증상이 없다면 혈액 검체의 미생물 배양 결과를 확인하여 해당 미생물이 요로감염 미생물과 동일한 경우에 한해 14일간의 동일 감염 불가 기간에 해당되지 않은 경우 새로운 CAUTI로 진단하게 된다.

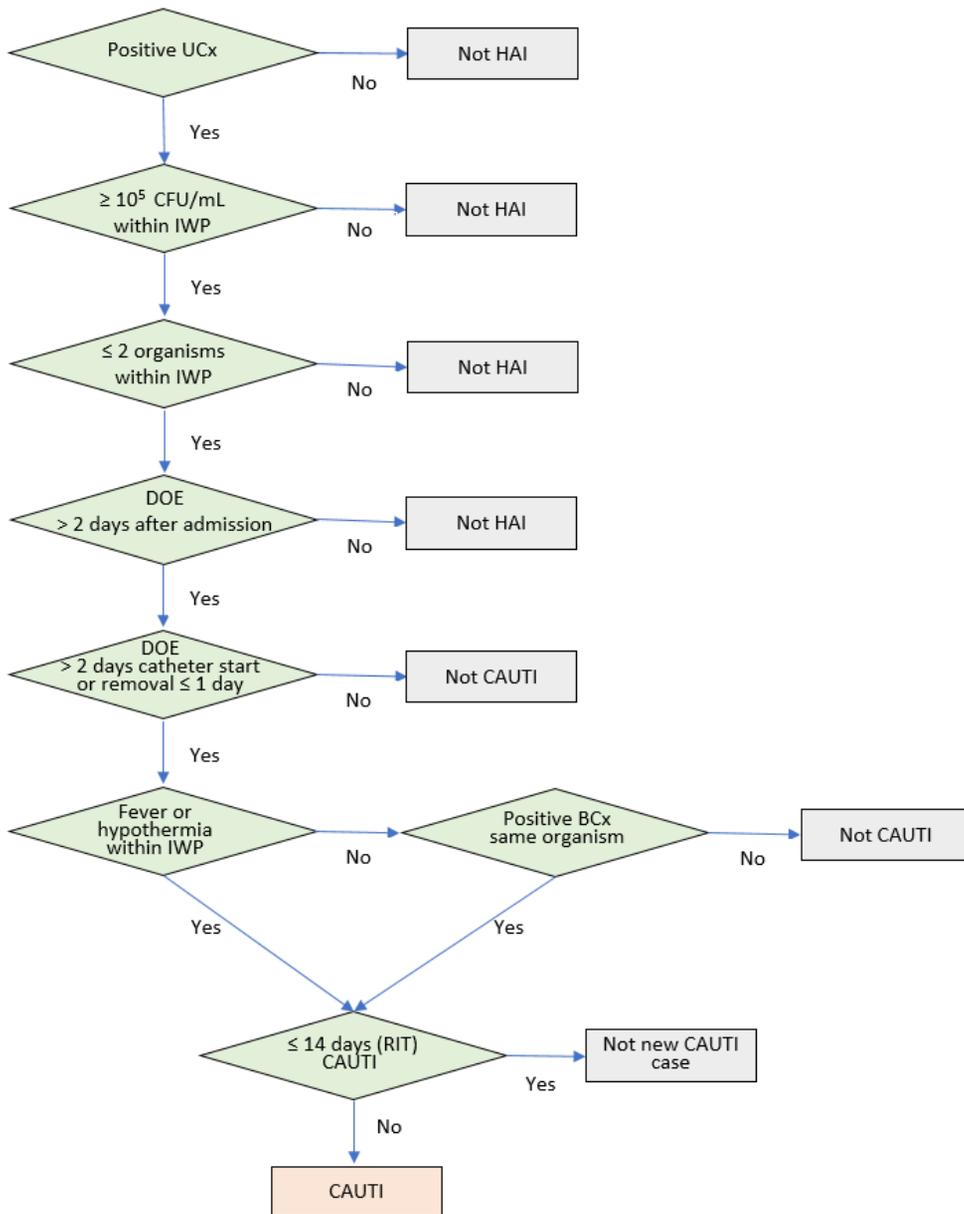


Figure 7. Flow Diagram of the Automated Surveillance Tool

*Note:* UCx, urine culture; HAI, healthcare-associated infection; CFU, colony forming unit; IWP, infection window period; DOE, date of event; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection; BCx, blood culture; RIT, repeat infection timeframe

## 2. CAUTI 자동감시 틀에 필요한 데이터 베이스

데이터베이스(database) 관리자와 자동감시 틀에 필요한 데이터를 공유한 후 AMIS 3.0 내에서 구동하는 클라이언트와 서버의 데이터베이스와 7개의 테이블 간 관계를 Figure 8과 같이 설계하였다.



Figure 8. Table Relationship Diagram of the Automated Surveillance Tool

### 3. 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스는 Microsoft의 Excel 2016과 PowerPoint 2016 프로그램을 사용하여 Table 6에 제시한 기능들을 모두 설계하였다. 감시 업무의 흐름과 설계된 화면에 대해 프로그램 개발자에게 설명하고, 여러 차례 미팅을 통해 세부 기능을 구체화하였다. 완성된 사용자 인터페이스 화면 및 기능 설계는 감염관리실에서 근무하는 모든 팀원 28인이 참석한 감염관리간호사 회의에서 공유하고, 최종 확정하였다. 사용자 인터페이스는 감시대상 코드 관리, 감시대상 집계, 감염 감시대상자 관리 및 등록 등의 5개의 메인 화면과 17개의 서브 화면으로 구성되며 화면 구성은 Figure 9와 같다.

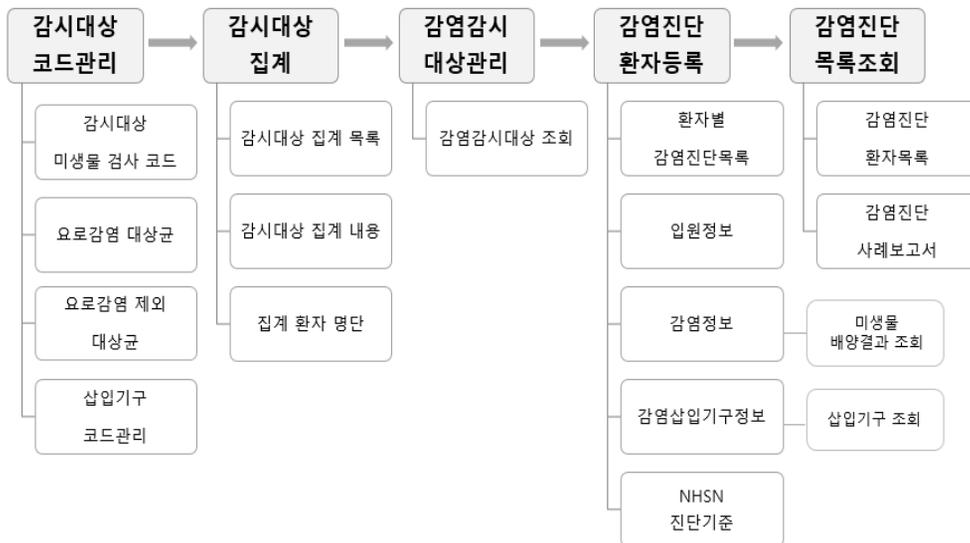


Figure 9. Screen Hierarchy of the Automated Surveillance Tool

### 1) NHSN 알고리즘 변경 시 사용자가 관리할 수 있는 감시대상 코드 관리 화면

감시대상 코드 관리 화면은 검사 관련 코드와 삽입기구 관련 코드를 입력 및 삭제할 수 있도록 설계하였다. 검사코드 관리 화면은 감시대상 검사처방 코드, 미생물의 균수 기준 설정, Mixed growth 같은 특정 제외조건을 설정하는 기능을 설계하였다. 또한 CAUTI로 진단이 가능한 미생물과 제외 미생물을 관리할 수 있도록 하여 진단가능 미생물 기준이 변경될 경우 관리자 화면에서 수정할 수 있도록 설계하였다. CAUTI는 정확한 삽입기구 정보가 중요하여 AMIS 3.0 EMR의 간호처치 기록에서 CAUTI로 진단할 수 있는 삽입기구 코드만 설정하여 알고리즘에 적용할 수 있도록 설계하였다.

### 2) 감시대상 배치작업 결과를 조회할 수 있는 집계 화면

매일 1회 동일한 시간에 이루어지는 배치작업 결과를 조회할 수 있는 사용자 화면을 설계하여 정확하게 작업이 완료되었는지 확인할 수 있도록 하였다. 집계결과는 화면에서 성공, 대상 없음, 에러로 결과를 보여주며, 프로그램 오류 등으로 배치작업이 성공하지 못한 경우 수동으로 즉시 집계 작업을 실행할 수 있는 집계 기능과 집계된 결과에 오류가 있다면 내용을 삭제할 수 있는 집계 삭제 기능을 설계하였다.

### 3) 배치작업을 통해 진단된 감염감시대상 환자 조회 화면

NHSN CAUTI 알고리즘 전산에 따라 선별된 감염감시대상자를 조회하는 화면으로 조회하는 목적에 따라 검사 보고 일자별, 검사처방 일자별, 병동별, 진료과별, 환자별로 조회 조건을 변경할 수 있도록

설계하였다. 조회 내용은 환자번호, 환자명, 나이 등의 기본 정보와 NHSN 알고리즘에 따라 자동 진단된 CAUTI 진단 분류, 감염발생일, 기감염 여부, 검사 관련 정보, 병동과 입원일자, 전입 일자, 전출 일자 등의 원무정보를 같이 조회하여 사례 확인 시 참고할 수 있도록 설계하였다.

#### 4) 감염감시대상 환자의 상세 정보를 확인하고 감염환자로 등록하는 화면

감염감시대상 관리에서 감시대상 환자를 선택하여 감염관련 상세 정보를 확인하고 NHSN 기준에 따라 감염환자로 등록하는 화면을 Figure 10과 같이 설계하였다. 화면 상단에는 개별환자의 감염진단 이력을 조회하여 잘못 등록된 경우 등록 삭제가 가능하도록 설계하였다. 화면 하단에는 감염진단과 관련된 상세 정보가 조회되며 감염발생일, 환자의 원무정보 및 감염일 정보, 기감염 여부, 진단명, 입원 요약(입원 사유)가 조회되도록 설계하였다. 신생아의 경우 체중과 재태기간, 나이(days)가 조회되고, 상세 미생물 정보를 조회할 수 있도록 하였다. 화면 오른쪽에는 감염관련 삽입기구 정보가 조회되며, NHSN CAUTI 진단기준에 따라 자동 진단되며 감염관리간호사는 정보를 모두 확인한 후 감염환자로 등록할 수 있도록 설계하였다.

등록번호	환자명	입원일시	2021/12/15	성명/나이	생년월일	조회																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>감염진단목적</th> <th>진행상태</th> <th>기감염</th> <th>진료과</th> <th>감염발생 병동</th> <th>감염발생 병상</th> <th>입원일</th> <th>전입일</th> <th>감염발생일</th> <th>감염분류1</th> <th>감염분류2</th> <th>감염분류3</th> <th>감제명</th> <th>원인미생물1</th> <th>원인미생물2</th> <th>기구관련 여부</th> <th>삽입기구 1</th> <th>삽입기구 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							감염진단목적	진행상태	기감염	진료과	감염발생 병동	감염발생 병상	입원일	전입일	감염발생일	감염분류1	감염분류2	감염분류3	감제명	원인미생물1	원인미생물2	기구관련 여부	삽입기구 1	삽입기구 2	<input type="checkbox"/>																																																					
감염진단목적	진행상태	기감염	진료과	감염발생 병동	감염발생 병상	입원일	전입일	감염발생일	감염분류1	감염분류2	감염분류3	감제명	원인미생물1	원인미생물2	기구관련 여부	삽입기구 1	삽입기구 2																																																													
<input type="checkbox"/>																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>감염정보 등록 및 수정</th> <th>입원정보</th> <th>감염 세부정보</th> <th>메모</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <table border="1"> <tr> <td>감염발생일</td> <td>감염발생병동/병상</td> <td>진료과</td> <td>주치의</td> </tr> <tr> <td>입원일</td> <td>입원일-감염발생일</td> <td>기감염 여부</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>전입일</td> <td>전입일-감염발생일</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>전출일</td> <td>퇴원일</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bwt</td> <td>NHSN Bwt.</td> <td>KONIS Bwt.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>나이(days)</td> <td>분만형태 <input type="radio"/> 임신분만 <input type="radio"/> 제왕절개</td> <td>재태기간</td> <td>XX주 X일</td> </tr> <tr> <td>진단명</td> <td colspan="3">입원요약 기재질환, 면역저하자 여부 등 자유서술</td> </tr> </table> </td> <td> <table border="1"> <tr> <td>기구관련 여부</td> <td><input type="radio"/> Y (삽입장치 또는 관상장치 포함) <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>삽입기구</td> <td>Foley catheter</td> <td>삽입일</td> <td>일박</td> <td>삽입장소</td> <td>삽입장소</td> <td>삽입일-감염발생일</td> <td>비고</td> </tr> <tr> <td>진단 기준</td> <td colspan="7"> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1a               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있었음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1b               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있지 않거나 삽입 기간이 2일을 초과하지 않음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 2 (1세 이하)               <ol style="list-style-type: none"> <li>(유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않은) 1세 이하의 환자</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상(4-38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 유분음</li> <li><input type="checkbox"/> 서맥</li> <li><input type="checkbox"/> 기면</li> <li><input type="checkbox"/> 구포</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상부 압통</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> ABUTI               <ol style="list-style-type: none"> <li>유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연령에 따라 UTI 2에 해당하는 증상이나 징후가 없음</li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> <li>소변에서 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하거나 LCB2를 충족하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 분리</li> </ol> </li> </ul> </td> </tr> </table> </td> <td> <table border="1"> <tr> <td>감염분류</td> <td>1레벨</td> <td>2레벨</td> <td>3레벨</td> <td>2차항류감염 여부</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>원인미생물1</td> <td>검체</td> <td>미생물명</td> <td>다제내성균 여부1</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> <td></td> </tr> <tr> <td>원인미생물2</td> <td>검체</td> <td>미생물명</td> <td>다제내성균 여부2</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> <td></td> </tr> </table> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							감염정보 등록 및 수정	입원정보	감염 세부정보	메모	<table border="1"> <tr> <td>감염발생일</td> <td>감염발생병동/병상</td> <td>진료과</td> <td>주치의</td> </tr> <tr> <td>입원일</td> <td>입원일-감염발생일</td> <td>기감염 여부</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>전입일</td> <td>전입일-감염발생일</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>전출일</td> <td>퇴원일</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bwt</td> <td>NHSN Bwt.</td> <td>KONIS Bwt.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>나이(days)</td> <td>분만형태 <input type="radio"/> 임신분만 <input type="radio"/> 제왕절개</td> <td>재태기간</td> <td>XX주 X일</td> </tr> <tr> <td>진단명</td> <td colspan="3">입원요약 기재질환, 면역저하자 여부 등 자유서술</td> </tr> </table>	감염발생일	감염발생병동/병상	진료과	주치의	입원일	입원일-감염발생일	기감염 여부	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N	전입일	전입일-감염발생일			전출일	퇴원일			Bwt	NHSN Bwt.	KONIS Bwt.		나이(days)	분만형태 <input type="radio"/> 임신분만 <input type="radio"/> 제왕절개	재태기간	XX주 X일	진단명	입원요약 기재질환, 면역저하자 여부 등 자유서술			<table border="1"> <tr> <td>기구관련 여부</td> <td><input type="radio"/> Y (삽입장치 또는 관상장치 포함) <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>삽입기구</td> <td>Foley catheter</td> <td>삽입일</td> <td>일박</td> <td>삽입장소</td> <td>삽입장소</td> <td>삽입일-감염발생일</td> <td>비고</td> </tr> <tr> <td>진단 기준</td> <td colspan="7"> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1a               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있었음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1b               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있지 않거나 삽입 기간이 2일을 초과하지 않음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 2 (1세 이하)               <ol style="list-style-type: none"> <li>(유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않은) 1세 이하의 환자</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상(4-38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 유분음</li> <li><input type="checkbox"/> 서맥</li> <li><input type="checkbox"/> 기면</li> <li><input type="checkbox"/> 구포</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상부 압통</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> ABUTI               <ol style="list-style-type: none"> <li>유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연령에 따라 UTI 2에 해당하는 증상이나 징후가 없음</li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> <li>소변에서 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하거나 LCB2를 충족하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 분리</li> </ol> </li> </ul> </td> </tr> </table>	기구관련 여부	<input type="radio"/> Y (삽입장치 또는 관상장치 포함) <input type="radio"/> N	삽입기구	Foley catheter	삽입일	일박	삽입장소	삽입장소	삽입일-감염발생일	비고	진단 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1a               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있었음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1b               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있지 않거나 삽입 기간이 2일을 초과하지 않음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 2 (1세 이하)               <ol style="list-style-type: none"> <li>(유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않은) 1세 이하의 환자</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상(4-38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 유분음</li> <li><input type="checkbox"/> 서맥</li> <li><input type="checkbox"/> 기면</li> <li><input type="checkbox"/> 구포</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상부 압통</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> ABUTI               <ol style="list-style-type: none"> <li>유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연령에 따라 UTI 2에 해당하는 증상이나 징후가 없음</li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> <li>소변에서 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하거나 LCB2를 충족하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 분리</li> </ol> </li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>감염분류</td> <td>1레벨</td> <td>2레벨</td> <td>3레벨</td> <td>2차항류감염 여부</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>원인미생물1</td> <td>검체</td> <td>미생물명</td> <td>다제내성균 여부1</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> <td></td> </tr> <tr> <td>원인미생물2</td> <td>검체</td> <td>미생물명</td> <td>다제내성균 여부2</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> <td></td> </tr> </table>	감염분류	1레벨	2레벨	3레벨	2차항류감염 여부	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N	원인미생물1	검체	미생물명	다제내성균 여부1	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N		원인미생물2	검체	미생물명	다제내성균 여부2	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N		
감염정보 등록 및 수정	입원정보	감염 세부정보	메모																																																																											
<table border="1"> <tr> <td>감염발생일</td> <td>감염발생병동/병상</td> <td>진료과</td> <td>주치의</td> </tr> <tr> <td>입원일</td> <td>입원일-감염발생일</td> <td>기감염 여부</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>전입일</td> <td>전입일-감염발생일</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>전출일</td> <td>퇴원일</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bwt</td> <td>NHSN Bwt.</td> <td>KONIS Bwt.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>나이(days)</td> <td>분만형태 <input type="radio"/> 임신분만 <input type="radio"/> 제왕절개</td> <td>재태기간</td> <td>XX주 X일</td> </tr> <tr> <td>진단명</td> <td colspan="3">입원요약 기재질환, 면역저하자 여부 등 자유서술</td> </tr> </table>	감염발생일	감염발생병동/병상	진료과	주치의	입원일	입원일-감염발생일	기감염 여부	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N	전입일	전입일-감염발생일			전출일	퇴원일			Bwt	NHSN Bwt.	KONIS Bwt.		나이(days)	분만형태 <input type="radio"/> 임신분만 <input type="radio"/> 제왕절개	재태기간	XX주 X일	진단명	입원요약 기재질환, 면역저하자 여부 등 자유서술			<table border="1"> <tr> <td>기구관련 여부</td> <td><input type="radio"/> Y (삽입장치 또는 관상장치 포함) <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>삽입기구</td> <td>Foley catheter</td> <td>삽입일</td> <td>일박</td> <td>삽입장소</td> <td>삽입장소</td> <td>삽입일-감염발생일</td> <td>비고</td> </tr> <tr> <td>진단 기준</td> <td colspan="7"> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1a               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있었음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1b               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있지 않거나 삽입 기간이 2일을 초과하지 않음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 2 (1세 이하)               <ol style="list-style-type: none"> <li>(유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않은) 1세 이하의 환자</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상(4-38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 유분음</li> <li><input type="checkbox"/> 서맥</li> <li><input type="checkbox"/> 기면</li> <li><input type="checkbox"/> 구포</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상부 압통</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> ABUTI               <ol style="list-style-type: none"> <li>유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연령에 따라 UTI 2에 해당하는 증상이나 징후가 없음</li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> <li>소변에서 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하거나 LCB2를 충족하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 분리</li> </ol> </li> </ul> </td> </tr> </table>	기구관련 여부	<input type="radio"/> Y (삽입장치 또는 관상장치 포함) <input type="radio"/> N	삽입기구	Foley catheter	삽입일	일박	삽입장소	삽입장소	삽입일-감염발생일	비고	진단 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1a               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있었음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1b               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있지 않거나 삽입 기간이 2일을 초과하지 않음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 2 (1세 이하)               <ol style="list-style-type: none"> <li>(유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않은) 1세 이하의 환자</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상(4-38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 유분음</li> <li><input type="checkbox"/> 서맥</li> <li><input type="checkbox"/> 기면</li> <li><input type="checkbox"/> 구포</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상부 압통</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> ABUTI               <ol style="list-style-type: none"> <li>유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연령에 따라 UTI 2에 해당하는 증상이나 징후가 없음</li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> <li>소변에서 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하거나 LCB2를 충족하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 분리</li> </ol> </li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>감염분류</td> <td>1레벨</td> <td>2레벨</td> <td>3레벨</td> <td>2차항류감염 여부</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> </tr> <tr> <td>원인미생물1</td> <td>검체</td> <td>미생물명</td> <td>다제내성균 여부1</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> <td></td> </tr> <tr> <td>원인미생물2</td> <td>검체</td> <td>미생물명</td> <td>다제내성균 여부2</td> <td><input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N</td> <td></td> </tr> </table>	감염분류	1레벨	2레벨	3레벨	2차항류감염 여부	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N	원인미생물1	검체	미생물명	다제내성균 여부1	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N		원인미생물2	검체	미생물명	다제내성균 여부2	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N													
감염발생일	감염발생병동/병상	진료과	주치의																																																																											
입원일	입원일-감염발생일	기감염 여부	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N																																																																											
전입일	전입일-감염발생일																																																																													
전출일	퇴원일																																																																													
Bwt	NHSN Bwt.	KONIS Bwt.																																																																												
나이(days)	분만형태 <input type="radio"/> 임신분만 <input type="radio"/> 제왕절개	재태기간	XX주 X일																																																																											
진단명	입원요약 기재질환, 면역저하자 여부 등 자유서술																																																																													
기구관련 여부	<input type="radio"/> Y (삽입장치 또는 관상장치 포함) <input type="radio"/> N																																																																													
삽입기구	Foley catheter	삽입일	일박	삽입장소	삽입장소	삽입일-감염발생일	비고																																																																							
진단 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1a               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있었음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 1b               <ol style="list-style-type: none"> <li>감염발생일 또는 전일(또는 2일)을 초과하여 유지도관을 가지고 있지 않거나 삽입 기간이 2일을 초과하지 않음</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈 상부 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 복골 척추각 통증 또는 압통</li> <li><input type="checkbox"/> 골박노</li> <li><input type="checkbox"/> 빈뇨</li> <li><input type="checkbox"/> 배뇨곤란</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> SUTI 2 (1세 이하)               <ol style="list-style-type: none"> <li>(유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않은) 1세 이하의 환자</li> <li>다음 중 최소 한가지 증상 및 징후                   <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 발열(&gt;38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상(4-38°C)</li> <li><input type="checkbox"/> 유분음</li> <li><input type="checkbox"/> 서맥</li> <li><input type="checkbox"/> 기면</li> <li><input type="checkbox"/> 구포</li> <li><input type="checkbox"/> 지혈상부 압통</li> </ul> </li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> </ol> </li> <li><input type="checkbox"/> ABUTI               <ol style="list-style-type: none"> <li>유지도관을 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연령에 따라 UTI 2에 해당하는 증상이나 징후가 없음</li> <li>소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 분리</li> <li>소변에서 &gt;10<sup>3</sup>CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하거나 LCB2를 충족하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 분리</li> </ol> </li> </ul>																																																																													
감염분류	1레벨	2레벨	3레벨	2차항류감염 여부	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N																																																																									
원인미생물1	검체	미생물명	다제내성균 여부1	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N																																																																										
원인미생물2	검체	미생물명	다제내성균 여부2	<input type="radio"/> Y <input type="radio"/> N																																																																										

Figure 10. User Interface Design for CAUTI Identification

### 5) 등록된 감염환자 일괄 조회·보고서 생성 화면

감염관리를 위한 분석 자료로 활용하기 위해 CAUTI로 진단된 환자들을 일괄 조회하여 엑셀 파일로 다운로드할 수 있는 화면을 설계하였고, 분석의 목적에 따라 조회 기준을 변경할 수 있도록 하였다. 조회된 목록에는 환자의 감염관련 정보를 모두 포함하도록 하여 추가 작업 없이 감염환자 자료 분석이 가능하도록 설계하였다.

감염 감시는 감시 결과를 관련자들에게 보고하는 것까지 포함하며 진단된 환자의 개별사례를 보고하는 것 또한 중요하다. 사례 보고서에는 환자의 인적사항, 원무정보, 감염관련 정보를 모두 포함하도록 설계하였다. 사례 보고서는 엑셀, PDF, 워드 등 다양한 파일 형태로 저장이 가능하도록 하였다.

### 제 3 절 개발

자동감시 툴의 코딩은 외부 프로그램 개발자에 의해 의료기관 내에서 사용 중인 의료정보시스템인 AMIS 3.0의 내에 개발되었다. AMIS 3.0의 개발 환경은 Microsoft Visual Studio 2015 (.Net Framework 4.6)에서 DevExpress Component를 사용하며 Application Service Shell은 C#을 이용하였고, 서버는 Eclipse 개발환경 및 Oracle Database (19c) 기반으로 개발되었다. 사용자는 화면 사용권한에 따라 본인인증을 거쳐 인터페이스 접속이 가능하도록 개발하였다.

## 제 4 절 구현

사용자 요구사항을 반영하여 설계한 사용자 인터페이스 및 Table 6에 제시된 상세기능은 Microsoft Visual Studio 2015 (.Net Framework 4.6)에서 DevExpress Component를 사용하며 Application Service Shell은 C#을 이용하여 모두 구현하였다.

### 1) NHSN 알고리즘 변경 시 감시대상 코드 관리

감시대상 코드 관리(부록 3)은 유치도뇨관 관련 검사코드를 입력 및 삭제하는 관리자 기능으로, CAUTI 진단 조건에 부합하는 미생물 세균수를 설정하고, Mixed growth는 NHSN 진단기준에 따라 제외하도록 구현하였다(Figure 11).

#### ▪ 감염감시대상 검사코드

미생물(감시대상)					환자검사(감시대상)					세균(감시대상)				
검사코드	검사명				조건	조건값1								
DB0203	... Bacteria (Qn)[Culture.ID/Sensitivity].Urine				(UTI)균결과 같음 + 균제외코드	>100,000/...	BMIXED							

Figure 11. Screenshot for Microbiology Test Code Management

CAUTI로 진단이 가능한 미생물과 제외 미생을 설정할 수 있도록 하여 NHSN에서 진단가능 미생물이 변경될 경우 관리자가 추가 및 삭제를 할 수 있도록 하였다(부록 4). NHSN CAUTI 진단기준에 따른 제외 미생물에는 yeast, *Candida* species, Mold, Dimorphic fungi, Parasites가

해당이 되며 해당 미생물을 선별하기 위한 미생물 관련 세균코드를 입력 및 삭제할 수 있도록 구현하였다(Figure 12).

▪ 감염감시대상 검사코드

미생물(감시대상)	환자검사(감시대상)	세균(감시대상)	
<input type="radio"/> 오토감염 대상균	<input checked="" type="radio"/> 오토감염 제외 미생물		
...	세균코드	세균명	약어
1	BABSID	Absidia spp.	Absidia sp
2	BACRSP	Acremonium spp.-mold	acrsp
3	BACTMYC	Actinomyces spp.	actmycetes
4	BADVkas	Advenella kashmirensis	advkas
5	BAGRJEJ	Agrococcus jejuensis	agrijej
6	BALTER	Alternaria species	alter
7	BASCLAV	Aspergillus clavatus	ASCLAV
8	BASFLA	Aspergillus flavus	asfla
9	BASFUM	Aspergillus fumigatus	asfum
10	BASNIDU	Aspergillus nidulans	Aspergillu
11	BASNIG	Aspergillus niger	asnig
12	BASORY	Aspergillus oryzae	asory
13	BASPER	Aspergillus spp.	assp.
14	BASPNFU	Aspergillus not fumigatus	aspnfu
15	BASPTTE	Aspergillus terreus	aspte
16	BASPVER	Aspergillus versicolor	baspver
17	BAUREBA	Aureobasidium pullulans	Aureobasid
18	BBACACI	Bacteroides acidifaciens	bacaci
19	BBACCELL	Bacteroides cellulosilyticus	baccell
20	BBACHAL	Bacillus halosaccharovorans	bachal
21	BBAIICH	Bacillus licheniformis	baclic
22	BBESPP	Beauveria spp.	acact
23	BBLAMOL	Black mold	blamol
24	BBLCAP	Blastoschizomyces capitatus	blcap
25	BCAALB	Candida albicans	caalb

Figure 12. Screenshot for Microbiology Test Result Code Management

NHSN 기준에 따른 CAUTI로 진단하기 위해서는 정확한 유치도뇨관 삽입기구 정보가 중요한데, 삽입기구 관련 정보가 입력되는 간호처치 기록에서 사용되는 삽입기구 코드 중 CAUTI 진단기준에 부합하는

유치도뇨관(indwelling urinary catheter) 코드만을 설정하여 알고리즘에 적용할 수 있도록 구현하였다(부록 5).

## 2) 감시대상 배치작업 결과 집계 조회

매일 오전 2시에 1회 자동으로 이루어지는 배치작업 결과를 조회할 수 있는 기능을 구현하였다(부록 6). 사용자 권한을 설정하여 화면 접근 시 감염관리간호사 중 관리자만 집계 혹은 삭제를 할 수 있도록 하였다. 일자별 집계목록 선택 시 집계결과인 상세 환자정보를 조회할 수 있도록 구현하였다. 환자정보는 환자번호, 환자명, 성별, 나이, 병동, 입원일, 전입일, 전출일, 퇴원일, 검사명, 미생물 균 코드, 미생물 균 결과, 처방 코멘트 등 환자의 기본 정보와 감염관련 정보 확인이 가능하다. 배치작업 결과인 실행 로그는 성공, 대상 없음, 에러(오류)로 조회되며, 배치작업 결과가 오류로 확인 될 경우 집계결과를 삭제할 수 있고, 추가 집계를 시행할 수 있도록 구현하였다(Figure 13).

조회

■ 감시대상 집계 내용 Action ▾

집계번호 20220700000029	자동생성일자 <input type="text"/>
집계보고일자 <input type="text"/> ~ <input type="text"/>	
최종집계일자 <input type="text"/>	최종집계자 <input type="text"/>
실행결과 전체감염감시대상자	집계실행일시 오후 3:33:22 ~ 오후 3:34:31
실행로그 대상 없음.	

▶	병원등록번호	환자명	성별	나이	진료과	처방병동	재(퇴)원 병동	입원일자	전입일자	전출일자	퇴원
▶											

Figure 13. Screenshot for the Display of the Surveillance Batch Process

### 3) 배치작업을 통해 진단된 감염감시대상 환자 조회

NHSN CAUTI 알고리즘에 따라 자동 선별된 감염감시대상자를 조회하는 기능으로(부록 7) 목적에 따라 병동별, 진료과별, 환자별로 조회 조건을 변경하여 조회 가능하도록 구현하였다. 감염감시대상 환자 조회 화면에서는 환자번호, 환자명, 성별, 나이, 감염발생일, CAUTI 진단 관련 미생물 정보, 검사처방 관련 정보, 입원일자, 퇴원일자 등 감염감시대상 관련 주요 정보가 조회된다. 입원일자와 감염발생일 차이를 자동 계산하여 기감염 여부를 판정하고, 입원일자부터 감염발생일, 전입일자부터 감염발생일 차이를 자동 계산하여 조회되도록 구현하였다 (Table 7). 또한 감시대상자의 개별 상세 정보 확인을 위해 감염진단 환자 등록 화면으로 연계될 수 있도록 구현하였다.

Table 7. Data Elements for Screened CAUTI Patient List

Item	Description
Patient registration	Confirmed and saved in [CAUTI Patient Register] Y
Date of infection	Test prescription date or symptom onset date
Present on admission (POA) status	Infection occurred less than 3 days after hospitalization
Unit where infection occurred	Hospitalized unit within 2 days of infection
Prescribing unit	The unit where the prescription date occurred
Hospitalization unit	Source department
Date of admission	Patient admission date
Transfer-in date	Date of transfer-in to the unit where the infection occurred
Transfer-out date	Date of transfer-out from the unit where the infection occurred
Discharge date	Discharge date of the encounter
Discharge path	Transfer/discharge/death
Date of admission to date of infection	Date of infection - date of admission +1
Date of transfer-in to date of infection	Date of infection - date of transfer +1

---

*Note:* CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

#### 4) 감염감시대상 환자의 상세 정보 확인 및 감염환자 등록

감염감시대상 관리 화면에서 감시대상 환자를 개별 선택하여 감염 정보를 확인하고, 감염환자로 등록하거나 등록을 취소하는 기능으로 (Figure 14), 조회 항목 상세 설명은 Table 8과 같다. 감염발생일과 입원, 전동, 퇴원 등의 원무정보, 기감염 여부, 진단명, 입원 요약(입원 사유)가 조회되며, 신생아의 경우 체중과 재태기간, 나이(days)가 조회된다. 코드 관리 화면에서 설정된 기준에 부합하는 감염 원인 미생물이 조회되며 미생물 배양 결과 조회 클릭 시 상세 미생물 정보를 추가 조회할 수 있다. 감염관련 유치도뇨관 정보가 자동 조회되며 삽입장소를 확인하여 입력한다. NHSN CAUTI 진단기준에 따라 자동 진단된 내용을 확인하여 감염환자로 등록할 수 있도록 구현하였다.

Table 8. Data Elements for Individual CAUTI Patients

<b>Category</b>	<b>Item</b>	<b>Description</b>
<b>Hospitalization Information</b>		
	Date of infection	Importing information from [CAUTI list]
	Unit of infection occurred	First department the day before the infection
	Medical specialty	Last medical department on day -2
	Physician name	Last physician on day -2 of infection
	Date of admission	Retrieve information from patient
	Date of admission to date of infection	Date of infection - date of hospitalization +1
	Present on admission (POA) status	If infection diagnosis date is hospitalization day 1 or 2
	Transfer-in date	Based on unit where infection occurred, read from patient information
	Date of admission to date of infection	Infection date - transfer-in date +1
	Transfer-out date	Based on the care unit where the infection occurred, imported from patient information
	Discharge date	Imported from patient information
	Mode of delivery, gestational age	View if age is 1 year (365 days) or less
	Diagnosis date	Primary diagnosis, imported from patient diagnosis information
	Reason for admission	Imported from patient nursing information
	Device information	Retrieve indwelling urinary catheter information
	Insertion date	View in order of greatest number by insertion date - removal date
	Place of insertion	Retrieve indwelling urinary catheter information
	Date of insertion to date of infection	Review and enter location of the catheter
<b>Infection information</b>		
	Infection classification	Infection date, insertion date +1
	Causative organism	Retrieve information from [CAUTI list]

*Note:* CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

[감염관리]감염진단환자등록[VSPS1150S]

병원등록번호: 2022-04-27 50

Actior

• 감염진단목록

No	가감염	진료과	감염발생 병동	감염발생 병실	입(내)원일자	전입일자	감염발생일자	감염분류3	검체명	원인미생물1	원인미생물2	원인미생물3	2차혈류 감염여부	기구 관련	삽입기구1
1					2022-04-27	2022-05-23	2022-06-23	SUTI 1a	Urine	Enterobacter cloacae			N	Y	Foley catheter

• 감염정보 등록 및 수정

■ 입원정보

\* 감염발생일자: 2022-06-23    감염발생병동/병상: [입원일-감염발생일] 58

\* 입원일자: 2022-04-27    입원일-감염발생일: 58

전입일자: 2022-05-23    전입일-감염발생일: 32

전출일자: 2022-06-24    퇴원일자: 2022-08-17

진료과: [선택]    주치의: [선택]

\* 기감염여부:  Y  N

Bwt(g): 0    NHSN Bwt: 전체    KONIS Bwt: 전체

나이(days): [선택]

재태기간: 0 주 0 일

\* 진단명: D001339 aortic arch aneurysm without rupture

입원요약: [텍스트 영역]

■ 감염정보

\* 감염분류: UTI    SUTI 1a

2차혈류감염여부:  Y  N    미생물 배양결과 조회

No	처방일자	검체종류명	미생물	미생물명	다제내성균 여부
1	2022-06-23	Urine	BENCLO	Enterobacter cloacae	<input type="checkbox"/>

■ 감염세부정보    감염메모

■ 감염삽입기구정보

기구관련 여부:  Y (감염발생일 또는 감염발생일 전날에 2일 초과 거처한 경우 해당)     N    삽입기구 조회

No	카테터코드	카테터코드명	카테터구분	삽입부위	삽입위치	삽입장소	삽입일자	삽입일-감염발생일수
1	NURS_00062	Foley catheter	Foley cat...			...	2022-04-27	58
2	NURS_00062	Foley catheter	Foley cat...				2022-05-27	28

■ 진단기준 - UTI

SUTI 1a    감염발생일 또는 전날에 2일을 초과하여 유치도뇨관을 가지고 있었을 다음 중 최소 한가지 증상 및 징후  
 발열 > 38°C     치골 상부 압통     늑골 척추각 통증 또는 압통     결박뇨     빈뇨     배뇨곤란  
 그리고 소변배양에서 2종류 이상의 미생물 중 최소 한가지가  $\geq 10^5$ CFU/ml 분리

SUTI 1b    감염발생일 또는 전날에 유치도뇨관을 가지고 있지 않거나 삽입 기간이 2일을 초과하지 않을 다음 중 최소 한가지 증상 및 징후  
 발열 > 38°C     치골 상부 압통     늑골 척추각 통증 또는 압통     결박뇨     빈뇨     배뇨곤란  
 그리고 소변배양에서 2종류 이상의 미생물 중 최소 한가지가  $\geq 10^5$ CFU/ml 분리

SUTI 2(1세 이하)  
 (유치도뇨관을 가지고 있거나 가지고 있지 않음) 1세 이하의 환자 다음 중 최소 한가지 증상 및 징후  
 발열 > 38°C     저체온 (< 36°C)     무호흡     서맥     기면     구토     치골 상부 압통  
 그리고 소변배양에서 2종류 이상의 미생물 중 최소 한가지가  $\geq 10^5$ CFU/ml 분리

ABUTI  
 환자는 요로카테터를 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연행에 따라 SUTI1 또는 2에 해당하는 증상이나 징후가 없을 소변배양에서 두 종류 이상의 미생물 중 최소 한가지가  $\geq 10^5$ CFU/ml 분리 소변 검체에서  $\geq 10^5$ CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 발액에서 확인된 미생물과 일치하는 경우거나, LCBI2를 충족(발액은 없음)하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 나온 경우

Figure 14. Screenshot for CAUTI Identification

## 5) 등록된 감염환자의 일괄 조회

감염환자로 등록된 환자를 일괄 조회하는 화면(부록 8)으로 감염 발생 기간, 감염 발생 병동, 진료과, 환자 개별 조회가 가능하다. 조회된 목록을 엑셀파일로 다운로드하여 감염관리를 위한 추가 분석을 위한 기초 자료로 활용할 수 있도록 구현하였다. 감염진단 환자 목록 상세 정보는 환자번호, 환자명, 성별, 나이, 감염발생일, 감염 발생 병동 및 병상, 진료과, 주치의, 입원일과 감염 발생일 차이, 전입일과 감염발생일 차이, 전출일, 퇴원일, 유증상과 무증상 요로감염의 분류, 원인 미생물, 기구 삽입일, 기구 제거일 등을 조회할 수 있다.

## 6) 감염환자의 개별사례 보고서 자동생성

감염진단 목록조회에서 환자 선택 시 감염진단 사례 보고서가 자동 생성되며 엑셀, PDF, 워드 등 다양한 파일 형태로 저장이 가능하도록 구현하였다. 사례 보고서는 감염 발생 관련 유관 부서에 사례를 공유할 때 사용되며 환자 인적사항 등 기본 정보, 입원 관련 원무정보, 감염 발생 관련 감염 정보, NHSN 기준에 따른 진단 정보를 모두 포함하여 자동으로 조회되며, NHSN 진단기준과 해당 환자의 진단 결과를 같이 조회해 주어 관련 의료진들이 CAUTI 진단기준에 대한 이해를 도모하고자 하였다. 감염진단 사례 보고서 화면 예시는 Figure 15와 같다.

## 감염진단 사례보고서

### ■ 환자정보

종례코드	병원등록번호	환자명	성별/나이	생년월일
-		- -	- -	
(1세 이하)				
나이(days, 감염발생일 기준)		분만형태	재태기간	
Bwt(g)		NHSN Bwt	KONIS Bwt	

### ■ 입원정보

감염발생일자	2023-03-01	기감염	N
감염발생병동/병실/병상		진료과/주치의	- - - - / - -
입원일자	2023-02-14	입원일~감염발생일	16
전입일자	2023-02-22	전입일~감염발생일	8
전출일자	2023-02-27	퇴원일자	2023-03-03
진단명	diffuse large B-cell lymphoma		

### ■ 감염정보

감염분류1		감염분류2	- - - -	감염분류3	SUTI 1a
2차혈류감염여부	N				
원인미생물	검체명		미생물명		다제내성균여부
1	Urine		<i>Enterococcus faecium</i>		Y

삼입기구관련 여부 Y

No	카테터구분	카테터명	삽입부위	삽입위치	삽입장소	삽입일자	삽입일~감염발생일
1	Foley catheter	Foley catheter	-	-		2023-02-21	9
메모							

### ■ 진단기준

<p>■ SUTI 1a</p> <p>□ SUTI 1b</p> <p>□ SUTI 2(1세 이하)</p> <p>□ ABUTI</p>	<p>감염발생일 또는 전날에 2일을 초과하여 유치도뇨관을 가지고 있었음 다음중 최소 한가지 증상 및 징후</p> <p>■ 발열(&gt;38℃) □ 치골 상부 압통 □ 늑골 척추각 통증 □ 결박뇨 □ 빈뇨 □ 배뇨곤란</p> <p>그리고 소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 <math>\geq 10^5</math> CFU/ml 분리</p> <p>다음중 최소 한가지 증상 및 징후 그리고 임상징후나 치료의 목적으로 시행된 배양 또는 배양 진단검사에 의해 2회 이상 따로 채취한 혈액 검체에서 보통의 피부 정상 상재균이 확인된 경우</p> <p>□ 발열(&gt;38℃) □ 치골 상부 압통 □ 늑골 척추각 통증 □ 결박뇨 □ 빈뇨 □ 배뇨곤란</p> <p>그리고 소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 <math>\geq 10^5</math> CFU/ml 분리</p> <p>(유치도뇨관을 가지고 있거나 가지고 있지 않은) 1세 이하의 환자 다음중 최소 한가지 증상 및 징후</p> <p>□ 발열(&gt;38℃) □ 저체온(&lt;36℃) □ 무호흡 □ 서맥 □ 기면 □ 구토 □ 치골 상부 압통</p> <p>그리고 소변배양에서 2종류 이하의 미생물 중 최소 한가지가 <math>\geq 10^5</math> CFU/ml 분리</p> <p>환자는 옴프로카테터를 가지고 있거나 가지고 있지 않으면서 연령에 따라 SUTI1 또는 2에 해당하는 증상이나 징후가 없음. 소변배양에서 두 종류 이하의 미생물 중 최소 한 가지가 <math>\geq 10^3</math> CFU/ml 분리 소변 검체에서 <math>\geq 10^3</math> CFU/ml 이상 확인된 미생물 중 적어도 하나가 혈액에서 확인된 미생물과 일치하는 경우거나, LCBI2를 충족(발열은 없음)하면서 해당 피부 정상 상재균이 소변에서 나온 경우</p>
---	--

Figure 15. Screenshot for the Case Report

## 제 5 절 평가

평가에서는 수기감시를 시행하는 감시자 간 신뢰도 검증, CAUTI 자동감시 툴의 사용자 인터페이스에 대한 사용성 평가, 수기감시 결과인 참조 표준과 자동감시 결과를 비교한 정확도 평가 및 업무 효율성 평가로 나누어 진행하였다. 평가 기관은 서울 소재 2,743병상의 한 상급종합병원으로 연구 대상자는 감염관리실에서 근무하는 감염관리 전담자 28인 중 감염감시 업무를 담당한 경험이 있는 감염관리간호사로 연구에 동의한 10인이 참여하였다.

### 1. 수기감시 감시자 간 신뢰도 검증

#### 1) 참여자 특성

연구에 참여한 10인의 감염관리간호사는 모두 3년 이상의 임상 실무 경력이 있으며 감염관리실 업무 경력은 중앙값 70.5개월, 최소 1년2개월에서 최대 13년8개월이었다. 공인된 기관인 감염관리간호사회 혹은 대한감염관리학회에서 감염감시 교육을 이수하고, 감염감시 업무 경험이 있는 감염관리 전담간호사이다.

#### 2) 감시자 간 신뢰도

감염관리간호사 10인 모두 난이도가 높은 10개의 사례를 올바르게 진단하였고, 평가자 간 감시 결과 일치도는 100%로 확인되었다.

## 2. 자동감시 틀의 사용성

사용성 평가 설문지 신뢰도는 크론바흐 알파 계수 0.959로 확인되었다. 시스템 유용성, 정보의 질, 인터페이스의 질 모두 평균 2점 미만으로 평가되었고(Table 9), 총 16개 문항의 전체 평균 점수는 1.7점으로 성과와 만족도가 매우 높은 것으로 확인되었다(Table 10). 카테고리별 점수에서 가장 만족도가 낮은 카테고리는 정보의 질로 1.95점이었고, 문항별 점수에서 가장 만족도가 낮은 항목은 ‘에러 메시지는 문제를 해결하는 법을 분명히 알려준다’로 3.1이었다.

Table 9. PSSUQ Score and Reliability by Category

(N=10)

Category	N of items	Mean ± SD	Range	Cronbach's Alpha
<b>System Usefulness</b>	6	1.45 ± 0.19	1 - 3	0.905
<b>Information Quality</b>	6	1.95 ± 0.63	1 - 6	0.749
<b>Interface Quality</b>	3	1.77 ± 0.24	1 - 3	0.898
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>1.7 ± 0.46</b>		<b>0.934</b>

Note: SD, standard deviation

Table 10. Mean and Standard Deviation of PSSUQ Score by Item

(N=10)

Category	No.	Item	Mean $\pm$ SD
<b>System Usefulness</b>	1	Overall, I am satisfied with how easy it is to use this system	1.4 $\pm$ 0.52
	2	It was simple to use this system	1.5 $\pm$ 1.71
	3	I was able to complete the CAUTI surveillance quickly using this system	1.3 $\pm$ 0.48
	4	I felt comfortable using this system	1.3 $\pm$ 0.48
	5	It was easy to learn to use this system	1.8 $\pm$ 0.92
	6	I believe I could become productive quickly using this system	1.4 $\pm$ 0.84
<b>Information Quality</b>	7	The system gave error messages that clearly told me how to fix problems	3.1 $\pm$ 1.91
	8	Whenever I made a mistake using the system, I could recover easily and quickly	2.0 $\pm$ 0.82
	9	The information provided with this system was clear	2.1 $\pm$ 0.88
	10	It was easy to find the information I needed	1.4 $\pm$ 0.70
	11	The information was effective in helping me complete the tasks and scenarios	1.4 $\pm$ 0.70
	12	The organization of information on the system screens was clear	1.7 $\pm$ 0.67
<b>Interface Quality</b>	13	The interface of this system was pleasant	1.8 $\pm$ 0.79
	14	I liked using the interface of this system	1.5 $\pm$ 0.82
	15	This system has all the functions and capabilities I expected it to have	2.0 $\pm$ 0.82
<b>Overall</b>	16	Overall, I am satisfied with this system	1.5 $\pm$ 0.71
<b>Total</b>			<b>1.7 <math>\pm</math> 0.46</b>

Note: SD, standard deviation; CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

### 3. 자동감시 틀의 정확도

참조 표준(reference standard)인 수기감시 결과와 자동감시 틀을 이용한 자동감시 결과(test)를 비교한 표는 Table 11과 같다. 수기감시 진단 결과가 일치하지 않는 경우 2명 이상의 감시자 간 합의를 통해 사례를 최종 진단하도록 하였으나 본 연구에서 합의가 필요한 사례는 없었다. 수기감시에서는 CAUTI로 진단되었으나 자동감시에서는 진단하지 못한 사례는 한 건으로 65세의 일반 병동 입원 환자로 발열은 없으면서 요로감염 증상인 ‘치골 상부 압통’ 증상으로 진단된 사례로 주관적 요로감염 증상을 전산화하지 못한 자동감시 틀의 알고리즘 오류였다. 자동감시에서는 CAUTI로 진단하였으나 수기감시에서는 진단되지 않은 사례는 3건으로 이중 2건은 입원 소변 검사처방으로 외래에서 검사를 시행한 의사 처방 오류였고, 나머지 1건은 요관과 회장을 연결하여 인공적으로 소변을 배출할 수 있도록 만드는 수술을 시행한 환자에게 삽입한 관을 유치도뇨관으로 잘못 기록한 유치도뇨관 기록 오류였다.

본 연구에서 CAUTI 자동감시 틀의 민감도는 99.04% (95% CI, 94.75 - 99.83), 특이도는 99.93% (95% CI, 99.80 - 99.98), 양성 예측도는 97.17% (95% CI, 92.01 - 99.03), 음성 예측도는 99.98% (95% CI, 99.87 - 100.00)로 정확도가 매우 높은 것으로 나타났다.

Table 11. Confusion Matrix of the Automated Surveillance Tool

	Reference standard(n)		Subtotal
	CAUTI	Non-CAUTI	
<b>Automated surveillance tool results</b>			
<b>CAUTI</b>	103	3	106
<b>Non-CAUTI</b>	1	4,513	4,514
<b>Subtotal</b>	104	4,516	4,620

Note: CAUTI, catheter-associated urinary tract infection

본 연구에서 CAUTI로 진단된 환자는 여자가 46.2%였고, 중환자실 환자가 24%로 일반 병동 입원 환자가 더 많았다. 나이는 평균 63.7세였고, 연령 범위는 3세부터 94세까지였다. CAUTI 진단까지의 재원 기간은 평균 26일, CAUTI 진단까지의 유치도뇨관 삽입 일수는 평균 12.4일로 확인되었고, 사례의 92.3%는 유증상 CAUTI로 진단되었다(Table 12).

Table 12. Demographic and Clinical Characteristics of CAUTI Patients

(N=104)

Characteristics	Value	Range
Female, n (%)	48(46.2)	
ICU patients, n (%)	25(24.0)	
Age in years		
Mean	63.7	
Median	65.5	3-94
Length of hospital stay prior to CAUTI in days		
Mean	26.0	
Median	15.5	3-143
Length of indwelling urinary catheter use prior to CAUTI in days		
Mean	12.4	
Median	7.0	3-44
CAUTI, n (%)		
Symptomatic	96(92.3)	
Asymptomatic	8(7.7)	

*Note:* CAUTI, catheter-associated urinary tract infection; ICU, intensive care unit

#### 4. 자동감시 툴의 업무 효율성

자동감시 툴의 업무 효율성을 평가하기 위해 기존의 EMR 수기 검토 방식의 수기감시와 자동감시 툴을 이용한 자동감시 방법으로 사례 한 건 진단 시 소요되는 시간을 자가측정하여 평균을 비교한 결과는 Table 13과 같다. 수기감시는 감시 사례 한 건 당 평균 267.8초가 소요된 반면 자동감시 툴을 이용한 자동감시는 한 건당 평균 28.9초 소요되어 약 89%의 시간 단축 효과가 있었다( $p<0.001$ ). CAUTI 진단 사례에 소요되는 시간은 약 87% 감소한 데 비해 CAUTI 미진단 사례에서는 약 94%로 소요시간 단축 효과가 두드러졌다.

Table 13. Comparison of CAUTI Identification Time between Conventional and Automated Surveillance

Type	n (%)	Automated	Conventional	t	P
		surveillance tool Mean(S) ± SD	surveillance Mean(S) ± SD		
CAUTI	200 (50)	48.0 ± 21.24	370.8 ± 94.53	33.31	<0.001
Non-CAUTI	200 (50)	9.7 ± 2.83	164.8 ± 52.72	29.37	<0.001
<b>Total</b>	<b>400 (100)</b>	<b>28.9 ± 24.44</b>	<b>267.8 ± 128.41</b>	<b>25.85</b>	<b>&lt;0.001</b>

Note: n=number of surveillance cases

CAUTI, catheter-associated urinary tract infection; S, second; SD, standard deviation

## 제 5 장 논 의

본 연구는 CDC NHSN 진단기준을 기반으로 CAUTI 자동감시 툴을 개발하여 평가하였다. 본 장에서는 개발된 CAUTI 자동감시 툴의 사용성 평가, 자동감시 결과를 참조 표준인 수기감시 결과와 비교한 자동감시 툴의 정확도 평가, 감시에 소요되는 시간을 비교한 업무 효율성 평가 결과에 대해 논의하고자 한다.

### 제 1 절 자동감시 툴의 사용성 및 보완사항

시스템 개발 과정에서 요구사항을 도출하는 등 사용자를 참여시키는 작업은 사용 가능하고 유용한 시스템의 개발에 매우 중요하며 시스템의 성공과 사용자 만족도에 긍정적인 영향을 미친다(Kujala et al., 2005). 본 연구는 분석 단계에서부터 자동감시 툴의 기능에 대한 사용자 요구사항을 도출하여 이를 모두 반영한 프로그램을 구현하였다. 사용자 요구사항 분석 시 도출된 주요 기능은 NHSN 기준 변경에 대한 유연한 대처, 감염관리 대상 환자의 신속한 조회, 감염으로 진단된 사례에 대한 보고서 자동 생성 등이다.

CDC NHSN 진단기준은 복잡하고 알고리즘 변경이 가능하며, 진단기준이 변경될 경우 그에 따라 자동감시 툴을 수정하는 기능에 대한 요구가 제기되었다(Neelakanta et al., 2015). 진단기준이 변경되면 자동감시 툴의 규칙 변경이 불가피하여 추가 프로그램 수정 및 그에 따른 비용에 대한 부담이 야기될 수 있다(Wright, 2008). 본 연구는 CAUTI 자동감시

틀에 NHSN 진단기준 변경 가능성이 있거나 의료기관 내에서 코드 변경이 예상되는 항목을 관리자 권한으로 변경할 수 있는 기능을 구현하였다. 이러한 기능을 통해 자동감시 틀의 장벽 중 하나인 시스템 유지 보수의 어려움에 대해 유연한 대처가 가능할 것으로 기대된다 (Verberk et al., 2022).

감염감시는 특정 기간 혹은 특정 부서의 환자 전수를 대상으로 의료관련감염환자를 선별하는 활동으로, 대량의 데이터를 신속히 처리하는 작업을 요구한다(Sips et al., 2017). 본 연구에서는 감염관리 간호사가 감시대상 환자를 조회하는 시간을 단축하기 위해 상대적으로 시스템 사용량이 적은 야간 시간대에 배치작업을 실행하였다. 중국의 3,500병상의 대규모 3차 병원에서는 의료관련감염 감시를 위해 병원정보시스템에서 오전 2시에 데이터 자동 로드를 시행하여 시스템 부하를 줄였다(Du et al., 2014).

감염감시에서 감염 발생의 문제 해결에 적절한 행동을 취할 수 있는 사람에게 정확하게 보고하는 작업 또한 중요하다(최정현 외, 2017). 기존의 수기 보고서는 작성에 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 기록 오류가 발생할 수 있어 사례 보고서 자동 생성 기능이 요구되었다. 사례 보고서 관련 연구에 따르면 의료진과 감염관리전담자들은 관심 정보가 상이하여, 임상 의사, 간호사들은 환자의 개별 고유 정보에 대한 요구가 높고 감염관리전담자들은 감시 진단에 관련되는 항목에 대한 요구가 높았다(Skelton et al., 2017). 본 연구는 환자의 기본 정보, 감염진단 정보, 감염진단 충족 요소 및 진단 결과를 모두 포함한 사례 보고서를 자동 생성하도록 구현하여 의료진과 감염관리전담자들 모두에게 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 개발된 CAUTI 자동감시 툴의 사용성 평가 결과 PSSUQ 항목 평균 1.7점으로 성능 및 만족도가 매우 높았고, 시스템 유용성 부분에서 가장 높은 만족도를 나타냈다. 본 연구에서의 매우 높은 성능 및 만족도 결과는 사용자의 요구사항을 반영해 기능을 구현한 결과로 생각된다. 사용성 평가 설문에서 상대적으로 낮은 만족도를 나타낸 항목은 ‘에러 메시지는 문제를 해결하는 법을 분명히 알려준다’이다. 이는 기간별, 병동별 감시대상 조회 시 감시대상자가 없을 경우 알림 메시지를 주지 않는데, 그 상황이 프로그램 오류 상태와 구별되지 않기 때문으로 분석된다. 이를 개선하기 위해 감시대상 조회 시 ‘대상자 없음’의 알림 메시지를 추가하고, 오류로 인한 경우 구체적인 오류 내용을 명시하도록 보완할 예정이다.

## 제 2 절 자동감시 툴의 정확도 향상 방안

자동감시 알고리즘은 여러 데이터 소스를 통합하여 구현 시 감시 성능을 향상시킬 수 있다(Sips et al., 2017). 본 연구에서는 CAUTI 알고리즘에 연구병원 시스템에서 구조화되지 않은 주관적 요로 감염 증상은 제외하였다. 자동감시 툴 관련 연구에서도 CAUTI 완전자동감시 전산 개발의 장벽으로 자유 진술문으로 이루어지는 환자의 주관적 증상을 꼽았다(Lin & Trick, 2016, 2021). 본 연구에서는 주관적 증상의 알고리즘 규칙 제외로 인해 1건의 CAUTI 자동감시 툴의 진단 오류가 있었다. 이 결과는 발열 외 주관적인 요로감염 증상이 실제 임상에서 제대로 기록되지 않거나 해당 증상으로 CAUTI로 진단되는 사례가 많지 않다는 기존 연구와 유사하였다(Wald et al., 2014). CAUTI 자동감시 관련 연구에서는 발열 증상으로 진단된 사례가 91.5%로 대부분을 차지하였고(Choudhuri et al., 2011), 발열 외 증상을 추가하여도 자동감시에서 놓친 7개의 사례가 재분류되지 않아 발열이 주요 요로감염 증상임을 확인하였다(Branch-Elliman et al., 2015).

하지만 주관적 요로 감염 증상을 포함한 알고리즘을 구현할 경우 민감도는 높아지는 반면 양성 예측도가 낮아지는 한계가 나타났다. Sanger 등(2017)의 연구에서는 발열 증상만 포함한 자동감시 도구는 민감도가 64%인 데 비해 자연어 처리를 통해 추출한 주관적 증상을 모두 포함한 경우 민감도가 97%로 크게 향상되었다. 한편 정확한 자동감시를 위해서는 민감도를 높이는 것뿐만 아니라 감염사례가 아닌 경우를 구별하는 특이도를 높이는 것도 중요한데(Woeltje et al., 2014), 구조화되지 않은 데이터를 알고리즘에 반영한 경우 위양성으로 인해

특이도가 높지 않았다(van der Werff et al., 2021). 자연어 처리를 통해 추출한 주관적 요로 감염 증상을 모두 포함한 Sanger 등(2017)의 연구에서도 CAUTI 위양성 사례 중 주관적 증상이 잘못 인식된 경우가 12건(29%)으로 가장 많았다. 이와 같이 구조화되지 않은 요로감염 증상 기록을 자연어 처리로 추출할 수는 있으나 수기감시 결과와의 불일치가 여전히 확인되고 있어 자동감시에 이들 변수의 추가 여부는 앞으로 연구가 필요하다(Sips et al., 2017). 또한 최근 기계학습(machine learning)을 통한 자동감시 도구가 개발되고 있으나 낮은 양성 예측도(3.42%)로 수기감시를 대체하는 데는 한계가 있었다(Dos Santos et al., 2021).

자동화된 의료관련감염 감시 시스템을 성공적으로 구현하기 위해서는 EMR의 고품질 데이터 가용성과 이러한 데이터에 접근할 수 있도록 잘 설계된 정보 기술 인프라가 필수적이다(Sips et al., 2017). CAUTI 자동감시 관련 연구에서는 유치도뇨관 외 도뇨관을 잘못 인식하거나 삽입 일자 혹은 제거 일자가 명확하지 않아 발생하는 진단 오류(Lin & Trick, 2016; Wald et al., 2014)와 미생물 종류가 2개를 초과하는 경우(Choudhuri et al., 2011), 혹은 미생물 균수를 선별하지 못한 오류를 보고하였다(Wald et al., 2014). 보스턴 소재의 종합병원에서도 구조화되지 않은 발열, 유치도뇨관 유지 정보에 대한 자연어 처리로 구현한 알고리즘 적용 시 민감도 65%, 양성 예측도 54.2%의 낮은 정확도를 나타내어 자동감시 툴 개발에 있어 구조화된 데이터의 중요성과(Branch-Elliman et al., 2015), 소스 데이터의 낮은 질이 성공적인 자동감시 툴 개발의 주요 장벽임을 확인하였다(Verberk et al., 2022).

본 연구의 CAUTI 자동감시 틀은 유사한 다른 연구보다 정확도가 높게 나타났는데, 이는 CAUTI 자동감시 틀의 필수 항목인 유치도뇨관 관련 정보와 미생물 검사 결과가 표준화 및 구조화되어 정확하게 입력 및 산출이 가능하고, 해당 의료기관의 의료정보 시스템이 잘 설계되어 있기 때문으로 분석된다(Lo et al., 2013; Shen & Cui, 2021; Woeltje et al., 2014). 따라서 위양성을 줄이고 민감도와 특이도가 높은 자동감시 틀 개발을 위해서는 표준화·구조화된 주관적 요로감염 증상 기록을 포함한 알고리즘 개발이 필요할 것으로 생각된다.

### 제 3 절 자동감시 틀을 활용한 업무 효율 향상

자동감시 틀 관련 과거 연구에서 수기감시에 소요되는 시간을 평균 187.53초에서 20~30분으로 다양하게 보고하고 있었는데 그 차이는 수기 검토가 필요한 의무기록 정보시스템이 구현된 정도에서 비롯되었다(Y. S. Lo et al., 2014; Sanger et al., 2017). 본 연구에서 수기감시에 소요되는 시간은 평균 267.8초로 다른 연구보다 짧았다. CAUTI 진단을 위한 EMR 수기 검토 및 진단된 사례의 증례 기록지 작성 시간을 포함하였다는 점을 고려하면 더욱 짧았다. 이는 본 연구가 진행된 의료기관의 EMR 시스템이 감시에 필요한 정보를 확인하기 용이하도록 표준화되고 구조화되어 있기 때문으로 생각한다. 또한 연구에 참여한 감염관리 간호사가 감시 업무를 수행한 경험이 있는 숙련된 경력자로 구성되었다는 점도 소요시간 단축의 요인이 되었다고 본다.

관련 연구에서는 CAUTI 자동감시에 소요되는 시간이 감시 한 건 당 밀리초(milliseconds)에서 평균 157.53초로 보고되었다(E. Lo et al., 2014; Sanger et al., 2017). 본 연구의 소요시간은 환자의 감염관련 정보를 확인한 후 감염환자 등록까지의 소요시간을 포함하여 사례 당 평균 28.9초로 단축되었다. 이는 배치작업을 통해 감염 감시대상자를 바로 조회할 수 있고, 감염환자의 관련 상세 정보를 한 화면에서 조회되도록 구현한 결과라고 생각된다. 본 연구의 자동감시에서 소요된 대부분의 시간은 유치도뇨관이 삽입된 장소를 확인하기 위한 것으로 수술장에서 삽입한 경우 삽입기록이 누락되어 추가 장소 확인이 필요하였다. 유치도뇨관 삽입장소는 감염관리에 중요한 정보로 삽입장소가 정확히 기록된다면 소요시간을 더 단축할 수 있을 것으로 예상된다.

자동감시 툴을 활용하여 감시 업무의 효율이 향상되면 한정된 자원으로 감염 고위험군인 중환자실만 대상으로 하던 감시대상자를 전 부서로 확대하거나 일정 시점만 시행하던 감시를 상시 감시로 전환할 수 있다(Freeman et al., 2013; Lin & Trick, 2021). 또한 절약된 시간을 활용하여 감염관리 교육 및 중재로 감염관리간호사의 업무 재분배가 가능할 것으로 기대된다(Verberk et al., 2022). 코로나19 대유행 시 여러 의료기관에서는 위기대응 업무 집중으로 불가피하게 감염 감시를 중단하거나 축소하여 잠재적 감염 위험이 초래되었다(van Mourik, 2021). 자동감시 툴의 개발 및 활용으로 위기대응 상황에서도 감시 업무를 지속할 수 있는 등의 감염관리 업무 개선이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구의 제한점으로는 다음과 같다.

첫째, NHSN CAUTI 진단기준에서 치골 상부 압통, 늑골 척추각 동통 등 주관적인 요로감염 증상에 대한 알고리즘 규칙을 적용하지 못했다. 선행 연구에서 주관적인 증상을 포함한 알고리즘 구현 시 정확도가 본 연구 결과에 비해 높지 않았지만 주관적인 요로감염 증상이 표준화 및 구조화되어 기록된다면 정확도 향상에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

둘째, 수술장에서의 유치도뇨관 삽입기록 누락으로 삽입장소 정보를 추가 확인하는 데 시간이 소요되었는데 유치도뇨관 삽입기록이 정확해지면 소요시간도 단축되고, 감염관리 중재에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

셋째, 자동감시 툴은 이미 감염이 발생한 환자를 자동 선별하는 프로그램으로 감염 발생 가능성을 예측하지 못하는 한계가 있다.

넷째, 본 연구는 한 의료기관에서 진행되어 표준화 및 구조화된 미생물 검사 결과와 유치도뇨관 관련 정보를 활용해서 수행한 연구로 다른 의료기관 환경에서 적용할 경우 정확도에 차이가 있을 수 있다.

## 제 6 장 결론 및 제언

본 연구는 NHSN 기준에 기반한 CAUTI 자동감시 툴을 연구 의료기관에서 사용중인 의료정보시스템 내에 구현하여 감염관리전담자가 업무에 용이하게 활용할 수 있도록 개발하였다.

자동감시 툴의 사용성 평가 결과 시스템 유용성 카테고리 1.45점으로 가장 높았고, 항목별 평균 점수는 ‘1점 매우 동의’부터 ‘7점 매우 동의하지 않음’ 척도에서 1.7점으로 성능 및 만족도가 매우 높았다. 항목별 점수에서 ‘에러 메시지는 문제를 해결하는 법을 분명히 알려준다’ 항목이 3.1점으로 상대적으로 만족도가 낮아, 프로그램 조회 시 오류 메시지를 명확히 하고 감염감시 검토 대상자가 없는 경우 ‘대상자 없음’의 알림 메시지를 추가할 예정이다.

참조 표준(reference standard)인 수기감시 결과의 신뢰도 확보를 위해 감시 업무에 경험이 있는 역량 있는 감시자가 연구에 참여하였고, 감시자 간 신뢰도 검증에서 일치도가 100%로 나타났다. 자동감시 툴의 정확도 평가를 위해 자동감시 툴을 이용한 자동감시 결과(test)를 참조 표준(reference standard)과 비교하였고, 민감도 99.04%, 특이도 99.93%, 양성 예측도 97.17%, 음성 예측도 99.98%로 높은 정확도를 나타내어 감시 업무에 활용 가능성을 확인하였다.

자동감시 툴의 업무 효율성 평가를 위해 수기감시와 자동감시에서 감시 사례 한 건 당 소요되는 시간을 측정하여 비교한 결과 수기감시는 평균 267.8초가 소요되는 반면 자동감시는 평균 28.9초가 소요되어 약 89%의 소요시간 단축 효과가 있었다. 특히 CAUTI 미진단 사례에서는 약 94%의 시간 단축 효과가 있어 업무 효율 향상을 기대할 수 있다.

이러한 감시 소요시간 절약에 따라 감염감시대상 확대 및 감염관리 중재로 업무 재분배가 가능하고, 자동감시로 실시간 감시가 가능해져 조기에 위험성을 평가하고 감염 원인 분석과 중재 적용이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구를 토대로 다음과 같이 제언한다.

첫째, 본 연구에 개발된 CAUTI 자동감시 툴은 주관적 요로감염 증상에 대한 알고리즘 규칙을 구현하지 못해 한 건의 진단 사례 누락이 있었다. 진단누락 사례를 최소화하기 위해 구조화되고 표준화된 주관적 요로감염 증상을 포함한 알고리즘을 구현한 자동감시 툴 개발 연구를 제언한다.

둘째, 본 연구의 자동감시 툴은 이미 감염이 발생한 환자를 선별하는 프로그램이다. 감염 예방을 위해 감염 발생 가능성이 있는 고위험 환자를 예측하여 선별하는 clinical decision support system (CDSS)을 개발하는 연구를 제언한다.

셋째, 본 연구는 연구병원의 표준화 및 구조화된 EMR 데이터를 활용한 자동감시 툴 개발 연구로 다른 의료기관 환경에 적용할 경우 표준화·구조화 정도에 따라 정확도에 차이가 있을 수 있다. 본 연구의 로직을 타 의료기관의 의료정보시스템에 구현하고 평가하는 연구를 제언한다.

## 참고 문헌

- 김은진, 꺾이경, 꺾선희, 고수희, 권오미, 김의석, 김진화, 김태형, 김택수, 문희원, 박선희, 안진영, 유소연, 유현미, 이상오, 조난형, 최평균, 홍기호, 이유미, & 이미숙. (2021). 전국의료관련 감염감시체계 중환자실 부문 결과 보고: 2019년 7월부터 2020년 6월. *의료관련감염관리*, 26(2), 115-128.
- 박은숙, 진혜영, 정선영, 권오미, 유소연, 박신영, 김성란, 홍혜경, 김옥선, & 김경미. (2011). 중소병원의 의료관련감염 감시. *병원감염관리*, 16(2), 54-62.
- 유진홍, 최정현, 김옥선, 김성란, 박은숙, 박선희, 신명진, 유소연, 유현미, 은병욱, 이재갑, 이혁민, 최준용, & 한수하. (2017). *의료관련감염 표준예방지침*.
- 이성은. (1994). 병원감염 감시와 관리-감염관리간호사 업무를 중심으로. *대한병원협회지*, 23, 43-49.
- 최영화. (2018). 우리나라 의료 관련 감염 감시체계 [Prospective nationwide healthcare-associated infection surveillance system in South Korea]. *대한의사협회지*, 61(1), 21-25.
- 최정현, 김성란, 김옥선, 박선희, 박은숙, 신명진, 유현미, 은병욱, 이재갑, 이혁민, 최정현, 최준용, & 한수하. (2017). *의료기관의 감염관리*. 도서출판 한미의학.
- 최종림. (2018). *국내 감염관리간호사의 경력단계별 감염관리 역량지표 개발* [박사학위논문]. 연세대학교 대학원. 서울.

- Al-Tawfiq, J. A., & Tambyah, P. A. (2014). Healthcare associated infections (HAI) perspectives. *Journal of infection and public health*, 7(4), 339-344.  
<https://doi.org/10.1016/j.jiph.2014.04.003>
- Bagshaw, S. M., & Laupland, K. B. (2006). Epidemiology of intensive care unit-acquired urinary tract infections. *Current opinion in infectious diseases*, 19(1), 67-71.
- Branch-Elliman, W., Strymish, J., Kudesia, V., Rosen, A. K., & Gupta, K. (2015). Natural Language Processing for Real-Time Catheter-Associated Urinary Tract Infection Surveillance: Results of a Pilot Implementation Trial. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 36(9), 1004-1010.  
<https://doi.org/10.1017/ice.2015.122>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). *National Healthcare Safety Network(NHSN) patient safety component manual*. Retrieved from [https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/pscmanual\\_current.pdf](https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/pscmanual_current.pdf)
- Cho, S. Y., Chung, D. R., Choi, J. R., Kim, D. M., Kim, S. H., Huh, K., Kang, C. I., & Peck, K. R. (2018). Validation of semiautomated surgical site infection surveillance using electronic screening algorithms in 38 surgery categories. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 39(8), 931-935.  
<https://doi.org/10.1017/ice.2018.116>
- Choudhuri, J. A., Pergamit, R. F., Chan, J. D., Schreuder, A. B., McNamara, E., Lynch, J. B., & Dellit, T. H. (2011). An electronic catheter-associated urinary tract infection surveillance tool. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 32(8), 757-762. <https://doi.org/10.1086/661103>
- Chuang, L., & Tambyah, P. A. (2021). Catheter-associated urinary tract infection. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 27(10), 1400-1406.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiac.2021.07.022>

- de Bruin, J. S., Seeling, W., & Schuh, C. (2014). Data use and effectiveness in electronic surveillance of healthcare associated infections in the 21st century: a systematic review. *American Medical Informatics Association*, 21(5), 942-951. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2013-002089>
- Dos Santos, R., Silva, D., Menezes, A., Lukasewicz, S., Dalmora, C., Carvalho, O., Giacomazzi, J., Golin, N., Pozza, R., & Vaz, T. (2021). Automated healthcare-associated infection surveillance using an artificial intelligence algorithm. *Infection Prevention in Practice*, 3(3), 100167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infpip.2021.100167>
- Du, M., Xing, Y., Suo, J., Liu, B., Jia, N., Huo, R., Chen, C., & Liu, Y. (2014). Real-time automatic hospital-wide surveillance of nosocomial infections and outbreaks in a large Chinese tertiary hospital. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 14, 9. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-14-9>
- Fakih, M. G., Groves, C., Bufalino, A., Sturm, L. K., & Hendrich, A. L. (2017). Definitional Change in NHSN CAUTI Was Associated with an Increase in CLABSI Events: Evaluation of a Large Health System. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 38(6), 685-689. <https://doi.org/10.1017/ice.2017.41>
- Freeman, R., Moore, L. S., García Álvarez, L., Charlett, A., & Holmes, A. (2013). Advances in electronic surveillance for healthcare-associated infections in the 21st Century: a systematic review. *The Journal of hospital infection*, 84(2), 106-119. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2012.11.031>
- Garets, D., & Davis, M. (2006). Electronic medical records vs. electronic health records: yes, there is a difference. *Policy white paper. Chicago, HIMSS Analytics*, 1-14.
- German, R. R., Lee, L. M., Horan, J. M., Milstein, R. L., Pertowski, C. A., & Waller, M. N. (2001). Updated guidelines for evaluating public health

- surveillance systems: recommendations from the Guidelines Working Group. *MMWR. Recommendations and reports*, 50(Rr-13), 1-35.
- Gould, C. V., Umscheid, C. A., Agarwal, R. K., Kuntz, G., & Pegues, D. A. (2010). Guideline for prevention of catheter-associated urinary tract infections 2009. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 31(4), 319-326. <https://doi.org/10.1086/651091>
- Green, D., & Pearson, J. M. (2006). Development of a Web Site Usability Instrument Based on ISO 9241-11. *Journal of Computer Information Systems*, 47(1), 66-72. <https://doi.org/10.1080/08874417.2006.11645940>
- Hsu, H. E., Shenoy, E. S., Kelbaugh, D., Ware, W., Lee, H., Zakrotsky, P., Hooper, D. C., & Walensky, R. P. (2015). An electronic surveillance tool for catheter-associated urinary tract infection in intensive care units. *American Journal of Infection Control*, 43(6), 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.02.019>
- Hughes, J. M. (1988). Study on the efficacy of nosocomial infection control (SENIC Project): results and implications for the future. *Chemotherapy*, 34(6), 553-561.
- Ikura, Y., & Gimple, M. (1986). Efficient scheduling algorithms for a single batch processing machine. *Operations Research Letters*, 5(2), 61-65. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0167-6377\(86\)90104-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0167-6377(86)90104-5)
- Jeon, E., & Park, H.-A. (2015). Development of a Smartphone Application for Clinical-Guideline-Based Obesity Management. *hir*, 21(1), 10-20. <https://doi.org/10.4258/hir.2015.21.1.10>
- Klevens, R. M., Edwards, J. R., Richards, C. L., Jr., Horan, T. C., Gaynes, R. P., Pollock, D. A., & Cardo, D. M. (2007). Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. *Public health reports*, 122(2), 160-166. <https://doi.org/10.1177/003335490712200205>

- Klompas, M., Yokoe, D. S., & Weinstein, R. A. (2009). Automated Surveillance of Health Care–Associated Infections. *Clinical Infectious Diseases*, 48(9), 1268-1275. <https://doi.org/10.1086/597591>
- Koller, W., Blacky, A., Bauer, C., Mandl, H., & Adlassnig, K. P. (2010). Electronic surveillance of healthcare-associated infections with MONI-ICU--a clinical breakthrough compared to conventional surveillance systems. *Studies in health technology and informatics*, 160(Pt 1), 432-436.
- Kujala, S., Kauppinen, M., Lehtola, L., & Kojo, T. (2005). The role of user involvement in requirements quality and project success. 75-84. <https://doi.org/10.1109/RE.2005.72>
- Lewis, J. R. (2002). Psychometric evaluation of the PSSUQ using data from five years of usability studies. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 14(3-4), 463-488.
- Lin, M. Y., & Trick, W. E. (2016). Informatics in Infection Control. *Infectious Disease Clinics*, 30(3), 759-770. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.04.011>
- Lin, M. Y., & Trick, W. E. (2021). Computer Informatics for Infection Control. *Infectious Disease Clinics*, 35(3), 755-769. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2021.04.010>
- Lo, E., Nicolle, L. E., Coffin, S. E., Gould, C., Maragakis, L. L., Meddings, J., Pegues, D. A., Pettis, A. M., Saint, S., & Yokoe, D. S. (2014). Strategies to Prevent Catheter-Associated Urinary Tract Infections in Acute Care Hospitals: 2014 Update. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 35(5), 464-479. <https://doi.org/10.1086/675718>
- Lo, Y. S., Lee, W. S., Chen, G. B., & Liu, C. T. (2014). Improving the work efficiency of healthcare-associated infection surveillance using electronic

- medical records. *Computer methods and programs in biomedicine*, 117(2), 351-359. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2014.07.006>
- Lo, Y. S., Lee, W. S., & Liu, C. T. (2013). Utilization of electronic medical records to build a detection model for surveillance of healthcare-associated urinary tract infections. *Journal of medical systems*, 37(2), 9923. <https://doi.org/10.1007/s10916-012-9923-2>
- MacDougall, J., MICHAEL BRITTAIN, J., & Gann, R. (1996). Health informatics: an overview. *Journal of documentation*, 52(4), 421-448.
- Marigliano, A., Barbadoro, P., Pennacchietti, L., D'Errico, M. M., & Prospero, E. (2012). Active training and surveillance: 2 good friends to reduce urinary catheterization rate. *American Journal of Infection Control*, 40(8), 692-695. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.01.021>
- Mitchell, B. G., Hall, L., Halton, K., MacBeth, D., & Gardner, A. (2016). Time spent by infection control professionals undertaking healthcare associated infection surveillance: A multi-centred cross sectional study. *Infection, Disease & Health*, 21(1), 36-40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idh.2016.03.003>
- Neelakanta, A., Sharma, S., Kesani, V. P., Salim, M., Pervaiz, A., Aftab, N., Mann, T., Tashtoush, N., Karino, S., & Dhar, S. (2015). Impact of changes in the NHSN catheter-associated urinary tract infection (CAUTI) surveillance criteria on the frequency and epidemiology of CAUTI in intensive care units (ICUs). *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 36(3), 346-349.
- Palmer, S., & Torgerson, D. J. (1999). Definitions of efficiency. *Bmj*, 318(7191), 1136.

- Parikh, R., Mathai, A., Parikh, S., Sekhar, G. C., & Thomas, R. (2008). Understanding and using sensitivity, specificity and predictive values. *Indian journal of ophthalmology*, *56*(1), 45.
- Russo, P. L., Shaban, R. Z., Macbeth, D., Carter, A., & Mitchell, B. G. (2018). Impact of electronic healthcare-associated infection surveillance software on infection prevention resources: a systematic review of the literature. *The Journal of hospital infection*, *99*(1), 1-7.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.09.002>
- Sanger, P. C., Granich, M., Olsen-Scribner, R., Jain, R., Lober, W. B., Stapleton, A., & Pottinger, P. S. (2017). Electronic Surveillance For Catheter-Associated Urinary Tract Infection Using Natural Language Processing. *Annual Symposium proceedings. AMIA Symposium, 2017*, 1507-1516.
- Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research*. Morgan Kaufmann.
- Scardoni, A., Balzarini, F., Signorelli, C., Cabitza, F., & Odone, A. (2020). Artificial intelligence-based tools to control healthcare associated infections: A systematic review of the literature. *Journal of infection and public health*, *13*(8), 1061-1077. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.06.006>
- Schreiber, P. W., Sax, H., Wolfensberger, A., Clack, L., & Kuster, S. P. (2018). The preventable proportion of healthcare-associated infections 2005-2016: Systematic review and meta-analysis. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, *39*(11), 1277-1295. <https://doi.org/10.1017/ice.2018.183>
- Shen, Y., & Cui, H. (2021). Diagnostic accuracy of electronic surveillance tool for catheter-associated urinary tract infections in tertiary care hospitals: A meta-analysis. *Medicine*, *100*(39), e27363.  
<https://doi.org/10.1097/md.00000000000027363>

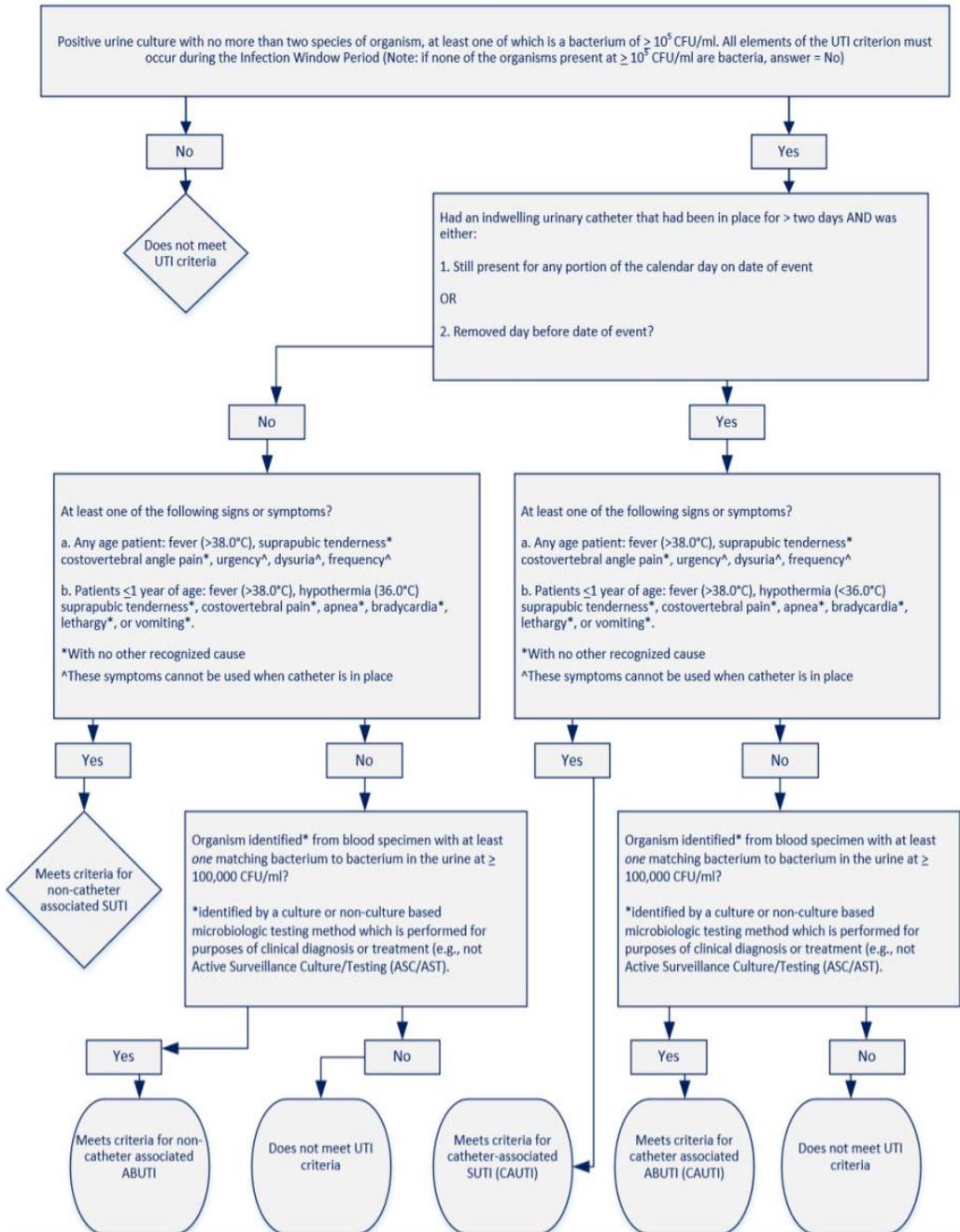
- Shepard, J., Hadhazy, E., Frederick, J., Nicol, S., Gade, P., Cardon, A., Wilson, J., Vetteth, Y., & Madison, S. (2014). Using electronic medical records to increase the efficiency of catheter-associated urinary tract infection surveillance for National Health and Safety Network reporting. *American Journal of Infection Control*, *42*(3), e33-36.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2013.12.005>
- Sips, M. E., Bonten, M. J. M., & van Mourik, M. S. M. (2017). Automated surveillance of healthcare-associated infections: state of the art. *Current opinion in infectious diseases*, *30*(4), 425-431.  
<https://doi.org/10.1097/qco.0000000000000376>
- Skelton, F., Campbell, B., Horwitz, D., Krein, S., Sales, A., Gundlapalli, A., & Trautner, B. W. (2017). Developing a user-friendly report for electronically assisted surveillance of catheter-associated urinary tract infection. *American Journal of Infection Control*, *45*(5), 572-574.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.09.014>
- Stone, P. W., Dick, A., Pogorzelska, M., Horan, T. C., Furuya, E. Y., & Larson, E. (2009). Staffing and structure of infection prevention and control programs. *American Journal of Infection Control*, *37*(5), 351-357.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajic.2008.11.001>
- Streefkerk, H. R. A., Verkooijen, R. P., Bramer, W. M., & Verbrugh, H. A. (2020). Electronically assisted surveillance systems of healthcare-associated infections: a systematic review. *Eurosurveillance*, *25*(2), 1900321.
- Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, *240*(4857), 1285-1293.
- Thalheim, B. (2013). *Entity-relationship modeling: foundations of database technology*. Springer Science & Business Media.

- Umscheid, C. A., Mitchell, M. D., Doshi, J. A., Agarwal, R., Williams, K., & Brennan, P. J. (2011). Estimating the Proportion of Healthcare-Associated Infections That Are Reasonably Preventable and the Related Mortality and Costs. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 32(2), 101-114. <https://doi.org/10.1086/657912>
- van der Werff, S. D., Thiman, E., Tanushi, H., Valik, J. K., Henriksson, A., Ul Alam, M., Dalianis, H., Ternhag, A., & Nauc ler, P. (2021). The accuracy of fully automated algorithms for surveillance of healthcare-associated urinary tract infections in hospitalized patients. *The Journal of hospital infection*, 110, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2021.01.023>
- van Mourik, M. S. M. (2021). Getting it right: automated surveillance of healthcare-associated infections. *Clinical Microbiology and Infection*, 27, S1-S2. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.02.030>
- van Mourik, M. S. M., van Rooden, S. M., Abbas, M., Aspevall, O., Astagneau, P., Bonten, M. J. M., Carrara, E., Gomila-Grange, A., de Greeff, S. C., Gubbels, S., Harrison, W., Humphreys, H., Johansson, A., Koek, M. B. G., Kristensen, B., Lepape, A., Lucet, J. C., Mookerjee, S., Nauc ler, P., . . . Gastmeier, P. (2021). PRAISE: providing a roadmap for automated infection surveillance in Europe. *Clinical Microbiology and Infection*, 27 Suppl 1, S3-s19. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.02.028>
- Verberk, J. D. M., Aghdassi, S. J. S., Abbas, M., Nauc ler, P., Gubbels, S., Maldonado, N., Palacios-Baena, Z. R., Johansson, A. F., Gastmeier, P., Behnke, M., van Rooden, S. M., & van Mourik, M. S. M. (2022). Automated surveillance systems for healthcare-associated infections: results from a European survey and experiences from real-life utilization. *The Journal of hospital infection*, 122, 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2021.12.021>

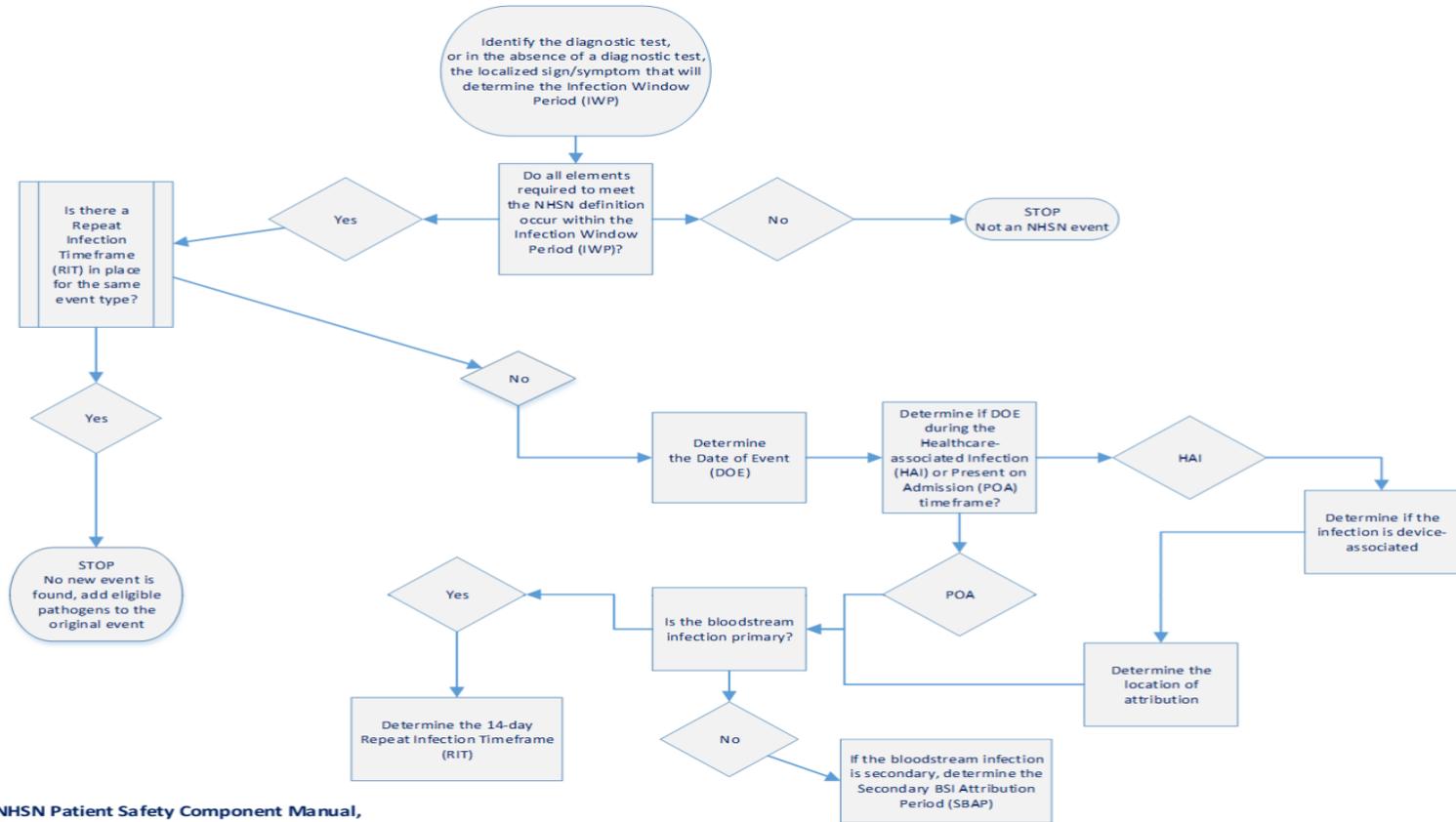
- Wald, H. L., Bandle, B., Richard, A., & Min, S. (2014). Accuracy of electronic surveillance of catheter-associated urinary tract infection at an academic medical center. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 35(6), 685-691. <https://doi.org/10.1086/676429>
- Warren, J. W. (2001). Catheter-associated urinary tract infections. *International journal of antimicrobial agents*, 17(4), 299-303.
- Weber, D., & Talbot, T. (2020). *Mayhall's Hospital Epidemiology and Infection Prevention*. Lippincott Williams & Wilkins.
- World Health Organization. (2002). Prevention of hospital-acquired infections: a practical guide (Updated on December 2002). [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67350/WHO\\_CDS\\_CSR\\_EPH\\_2002.12.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67350/WHO_CDS_CSR_EPH_2002.12.pdf)
- Woeltje, K. F., Lin, M. Y., Klompas, M., Wright, M. O., Zuccotti, G., & Trick, W. E. (2014). Data Requirements for Electronic Surveillance of Healthcare-Associated Infections. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 35(9), 1083-1091. <https://doi.org/10.1086/677623>
- Wright, M. O. (2008). Automated surveillance and infection control: Toward a better tomorrow. *American Journal of Infection Control*, 36(3, Supplement), S1-S6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajic.2007.09.003>
- Wright, M. O., Allen-Bridson, K., & Hebden, J. N. (2017). Assessment of the accuracy and consistency in the application of standardized surveillance definitions: A summary of the American Journal of Infection Control and National Healthcare Safety Network case studies, 2010-2016. *American Journal of Infection Control*, 45(6), 607-611. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.03.035>

# 부 록

## 부록 1. Identifying SUTI and ABUTI Flowchart



부록 2. Flow Diagram for NHSN Event Determination



Refer to the NHSN Patient Safety Component Manual, Chapter 2 for detailed guidance.

부록 3. 감염감시대상 코드관리 화면: 미생물 검사코드 설정

[감염관리] 감염감시대상코드관리[VSPSIP310S]				감염감시대상 검사코드					
감시대상				미생물(감시대상) 환자검사(감시대상) 세균(감시대상)					
· (감시대상) 감염종류				검사코드	검사명	조건	조건값1	조건값2	
코드	1레벨 코드명	코드	2레벨 코드명						
A_12	UTI	1210	UTI	DB0203	... Bacteria (Qn)[Culture, ID/Sensitivity], Urine	(UTI)균결과 같음 + 균계역코드	>100,000/ml	>100,000/ml	BMIXED

부록 4. 감염감시대상 코드관리 화면: 감시대상 미생물 결과 코드 설정

[감염관리] 감염감시대상코드관리[VSPSP310S]			
감시대상		감염감시대상 검사코드	
• (감시대상) 감염종류			
코드	1레벨 코드명	코드	2레벨 코드명
A_12	UTI	1210	UTI

• 감염감시대상 검사코드					
미생물(감시대상)		환자검사(감시대상)		세균(감시대상)	
<input type="radio"/> 요르감염 대상군			<input checked="" type="radio"/> 요르감염 제외 미생물		
No	세균코드	세균명	약어	사용여부	
1	BABISID	Absidia spp.	Absidia sp	Y	-
2	BACRSP	Acremonium spp. mold	acrsp	Y	
3	BACTMYC	Actinomyces spp.	actmycetes	Y	
4	BADVKAS	Advenella kashmirensis	advkas	Y	
5	BAGRJE	Agrococcus jejuensis	agrije	Y	
6	BALTER	Alternaria species	alter	Y	
7	BASCLAV	Aspergillus clavatus	ASCLAV	Y	
8	BASFLA	Aspergillus flavus	asfla	Y	
9	BASFUM	Aspergillus fumigatus	asfum	Y	
10	BASNIDU	Aspergillus nidulans	Aspergillu	Y	
11	BASNIG	Aspergillus niger	asnig	Y	
12	BASORY	Aspergillus oryzae	asory	Y	
13	BASPER	Aspergillus spp.	assp.	Y	
14	BASPNFU	Aspergillus not fumigatus	aspnfu	Y	
15	BASPTTE	Aspergillus terreus	aspte	Y	
16	BASPVER	Aspergillus versicolor	baspver	Y	
17	BAUREBA	Aureobasidium pullulans	Aureobasid	Y	
18	BBACACI	Bacteroides acidifaciens	bacaci	Y	
19	BBACCELL	Bacteroides cellulosilyticus	baccell	Y	
20	BBACHAL	Bacillus halosaccharovorans	bachal	Y	
21	BBALICH	Bacillus licheniformis	baclie	Y	
22	BBESPP	Beauveria spp.	acact	Y	
23	BBLAMOL	Black mold	blamol	Y	
24	BBLCAP	Blastoschizomyces capitatus	blcap	Y	
25	BCAALB	Candida albicans	caalb	Y	
26	BCABAP	Carbapenemase	Carbapenem	Y	
27	BCACIF	Candida ciferrii	caqui	Y	

부록 5. 감염감시 코드관리 화면: 삽입기구 코드 관리

[감염관리]감염진단코드관리[VSPSII50305] ☆ ☰ ✕

감염종류  1레벨  3레벨 UTI 조회

Action ▾

항생제코드 **삽입기구**

감염분류	소분류코드	중분류코드	대분류코드	카테터종류코드명	카테터구분	적용시작일자	적용종료일자
UTI	NURS_00062	H0008	NURS	Foley catheter	Foley catheter	2016-01-31	9999-12-31
UTI	NURS_00425	H0194	NURS	Foley catheter	Foley catheter	2016-01-31	9999-12-31

부록 6. 감염대상 집계결과 조회 화면

[감염관리] 감염대상관리

감염대상관리 | **감시대상 집계**

집계기간 조회 2023-02-01 ~ 2023-03-04 [조회]

• 감시대상 집계 목록

집계기간	집계일자	집계자
<input type="checkbox"/> 2023-02-01~2023-02-01	2023-02-05	
<input type="checkbox"/> 2023-02-02~2023-02-02	2023-02-06	
<input type="checkbox"/> 2023-02-03~2023-02-03	2023-02-07	
<input type="checkbox"/> 2023-02-04~2023-02-04	2023-02-08	
<input type="checkbox"/> 2023-02-05~2023-02-05	2023-02-09	
<input type="checkbox"/> 2023-02-06~2023-02-06	2023-02-10	
<input type="checkbox"/> 2023-02-07~2023-02-07	2023-02-11	
<input type="checkbox"/> 2023-02-08~2023-02-08	2023-02-12	
<input type="checkbox"/> 2023-02-09~2023-02-09	2023-02-13	
<input type="checkbox"/> 2023-02-10~2023-02-10	2023-02-14	
<input type="checkbox"/> 2023-02-11~2023-02-11	2023-02-15	
<input type="checkbox"/> 2023-02-12~2023-02-12	2023-02-16	
<input type="checkbox"/> 2023-02-13~2023-02-13	2023-02-17	
<input type="checkbox"/> 2023-02-14~2023-02-14	2023-02-18	
<input type="checkbox"/> 2023-02-15~2023-02-15	2023-02-19	
<input type="checkbox"/> 2023-02-16~2023-02-16	2023-02-20	
<input type="checkbox"/> 2023-02-17~2023-02-17	2023-02-21	
<input type="checkbox"/> 2023-02-18~2023-02-18	2023-02-22	
<input type="checkbox"/> 2023-02-19~2023-02-19	2023-02-23	
<input type="checkbox"/> 2023-02-20~2023-02-20	2023-02-24	
<input type="checkbox"/> 2023-02-21~2023-02-21	2023-02-25	
<input type="checkbox"/> 2023-02-22~2023-02-22	2023-02-26	
<input type="checkbox"/> 2023-02-23~2023-02-23	2023-02-27	
<input type="checkbox"/> 2023-02-24~2023-02-24	2023-02-28	
<input type="checkbox"/> 2023-02-25~2023-02-25	2023-03-01	
<input type="checkbox"/> 2023-02-26~2023-02-26	2023-03-02	
<input type="checkbox"/> 2023-02-27~2023-02-27	2023-03-03	
<input type="checkbox"/> 2023-02-28~2023-02-28	2023-03-04	
<input type="checkbox"/> 2023-03-01~2023-03-01	2023-03-05	

• 감시대상 집계 내용

집계번호 20230300000004 자동성상일자 2023-03-04

집계보고일자 2023-02-28 ~ 2023-02-28

최종집계일자 2023-03-04 최종집계자 BATCH

실험결과 전체감염감시대상자 집계실행일시 오전 2:00:00 ~ 오전 2:00:45

실험로그 성공

병원등록번호	환자명	성별	나이	진료과	처방명동	제(특)의약품명	입원일자	전입일자	전출일자	퇴원일자	입원분류	처방일자	보고일자	감시종	집계구분	집계일	집계과	인원일-처방일	전입일-처방일	처방표면적
--------	-----	----	----	-----	------	----------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------	-----	-----	---------	---------	-------

## 부록 7. 감염감시 대상 관리 화면

[감염관리] 감염감시대상관리

감염감시대상관리 | 감시대상 집계

기간구분: 처방일자 2022-04-01 ~ 2022-06-30 | 병동구분: 감염발생병동 전체 | 처방진료과: 전체 | 등록번호: [ ] | 조회

확정여부: 전체  추경  확정  제외 | 감염종류: 1레벨  3레벨  UTI

• 감염감시대상관리 Action

<input type="checkbox"/>	환자 등록	병원등록번호	환자명	성별	나이	처방 진료과	감염3	감염발생일자	기감염 여부	처방일자	접수일자	보고일자	균코드명	처방코멘트	감염발생 병동	처방병동	재(퇴)원 병동	입원일자	전입일자	전송일자	퇴원일자	퇴원 경로	입원일~ 감염발생일	전입일~ 감염발생일
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-05-20	Y	2022-05-21	2022-05-21	2022-05-25	Enterococcus faecalis					2022-05-20			2022-05-27	퇴원	1	
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-05-01		2022-05-01	2022-05-01	2022-05-03	Enterococcus faecium					2022-04-11	2022-04-16	9999-12-31	9999-12-31	전동	21	16
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-06-30		2022-06-30	2022-06-30	2022-07-05	Enterococcus faecium					2022-04-11	2022-04-16	9999-12-31	9999-12-31	전동	81	76
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-04-05	Y	2022-04-06	2022-04-06	2022-04-09	Pseudomonas aeru...					2022-04-05			2022-04-28	퇴원	1	
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-04-24		2022-04-24	2022-04-25	2022-04-29	Pseudomonas aeru...					2022-04-05	2022-04-16	2022-04-28	2022-04-28	퇴원	20	9
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-06-24	Y	2022-06-24	2022-06-24	2022-06-28	Escherichia coli					2022-06-24			2022-07-01	퇴원	1	
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-03-31	Y	2022-04-01	2022-04-01	2022-04-05	Escherichia coli					2022-03-31			2022-04-01	퇴원	1	
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1a	2022-06-12		2022-06-12	2022-06-12	2022-06-14	Pseudomonas aeru...					2022-06-01	2022-06-01	2022-06-10	2022-06-20	퇴원	12	12
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-04-10		2022-04-10	2022-04-10	2022-04-12	Escherichia coli					2022-03-05	2022-03-29	2022-04-17	2022-04-23	퇴원	37	13
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-05-20		2022-05-22	2022-05-22	2022-05-24	Escherichia coli					2022-05-17	2022-05-17	2022-05-24	2022-05-24	퇴원	4	4
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-06-14		2022-06-14	2022-06-14	2022-06-17	Pseudomonas aeru...					2019-08-12	2022-03-17	9999-12-31	9999-12-31		1038	90
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1b	2022-06-21		2022-06-21	2022-06-21	2022-06-23	Escherichia coli					2022-06-14	2022-06-14	2022-06-26	9999-12-31	전동	8	8
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-05-14		2022-05-14	2022-05-15	2022-05-19	Klebsiella pneumon...					2022-04-08	2022-05-03	2022-05-16	2022-05-16	퇴원	37	12
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-06-19		2022-06-20	2022-06-20	2022-06-22	Citrobacter freundii					2022-06-16	2022-06-17	2022-06-23	2022-06-23	퇴원	4	3
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-06-13		2022-06-15	2022-06-15	2022-06-17	Escherichia coli					2022-06-10	2022-06-10	2022-06-17	2022-06-17	퇴원	4	4
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-06-07		2022-06-07	2022-06-07	2022-06-10	Enterococcus faecium					2022-05-20	2022-05-30	9999-12-31	9999-12-31		19	9
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-04-19	Y	2022-04-19	2022-04-19	2022-04-21	Klebsiella pneumon...					2022-04-18			2022-04-25	사망	2	
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1a	2022-05-01		2022-05-04	2022-05-04	2022-05-07	Enterococcus faecalis					2022-04-27	2022-04-27	2022-05-04	2022-05-04	퇴원	5	5
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-04-09	Y	2022-04-10	2022-04-10	2022-04-15	Klebsiella pneumon...					2022-04-08			2022-04-14	퇴원	2	
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-04-21	Y	2022-04-21	2022-04-21	2022-04-26	Enterococcus faecalis					2022-04-20			2022-04-26	퇴원	2	
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-05-14		2022-05-16	2022-05-16	2022-05-20	Escherichia coli					2022-05-12	2022-05-12	2022-05-18	2022-05-18	퇴원	3	3
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-06-17		2022-06-17	2022-06-17	2022-06-21	Escherichia coli					2022-05-21	2022-05-21	2022-06-17	2022-06-19	사망	28	28
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-04-24	Y	2022-04-24	2022-04-24	2022-04-26	Enterococcus faecalis					2022-04-23			2022-05-03	퇴원	2	
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1a	2022-05-11		2022-05-11	2022-05-12	2022-05-18	Citrobacter koseri					2022-04-30	2022-04-30	2022-05-23	2022-05-23	퇴원	12	12
<input type="checkbox"/>	N						SUTI 1b	2022-06-16		2022-06-16	2022-06-17	2022-06-22	Acinetobacter bau...					2022-04-21	2022-06-10	2022-07-06	2022-07-06	퇴원	57	7
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-06-28		2022-06-28	2022-06-29	2022-07-03	Klebsiella pneumon...					2022-06-26	2022-06-26	2022-06-27	9999-12-31	전동	3	3
<input type="checkbox"/>	Y						SUTI 1a	2022-06-19		2022-06-19	2022-06-19	2022-06-22	Enterococcus faecium					2022-01-31	2022-06-13	9999-12-31	9999-12-31	전동	140	7

부록 8. 감염진단 목록 조회 화면

[감염관리]감염진단목록조회[VSPSIS140S]

감염발생기간 2023-01-01 ~ 2023-01-31 | 감염발생병동 전체 | 진료과 전체 | 병원등록번호 | 조회

조회대상 전체 | 감염종류 1레벨 3레벨 UTI |  기감염(POA)제외  기구관련 감염 Action

■ 감염진단환자목록

환자정보					입원정보								감염정보								
No	병원등록번호	환자성명	성별	나이	감염발생일자	감염발생병동	감염발생실	진료과	주치의	입원일자	입원일~감염발생일	전입일자	전입일~감염발생일	전출일자	퇴원일자	사망여부	감염분류3	원인미상물1	기구관련감염	삽입기구종류	기구삽입일자
1					2023-01-02					2022-11-19	45	2022-12-20	14	2023-02-06	9999-12-31		SUTI 1a	Enteroco...	Y	Foley ...	2022-12-20
2					2023-01-02					2022-10-17	78	2022-12-13	21	2023-01-03	2023-01-03		SUTI 1a	Escheric...	Y	Foley ...	2022-12-23
3					2023-01-05					2022-12-16	21	2022-12-19	18	2023-01-11	2023-01-11		SUTI 1a	Pseudom...	Y	Foley ...	2022-12-16
4					2023-01-06					2023-01-03	4	2023-01-03	4	2023-01-12	2023-01-12		SUTI 1a	Serratia ...	Y	Foley ...	2023-01-04
5					2023-01-06					2023-01-04	3	2023-01-04	3	2023-01-20	2023-01-20		SUTI 1a	Klebsiell...	Y	Foley ...	2023-01-03
6					2023-01-07					2022-11-22	47	2022-12-05	34	2023-02-14	2023-02-14		SUTI 1a	Klebsiell...	Y	Foley ...	2022-12-19
7					2023-01-07					2022-08-05	156	2022-08-26	135	2023-01-13	2023-01-13		SUTI 1a	Pseudom...	Y	Foley ...	2022-12-20
8					2023-01-08					2022-12-22	18	2022-12-22	18	2023-01-15	2023-01-15		SUTI 1a	Escheric...	Y	Foley ...	2023-01-03
9					2023-01-10					2023-01-03	8	2023-01-03	8	2023-01-17	2023-01-17	Y	SUTI 1a	Escheric...	Y	Foley ...	2023-01-04
10					2023-01-10					2019-08-12	1248	2022-03-17	300	N/A	9999-12-31		SUTI 1a	Escheric...	Y	Foley ...	2022-11-27
11					2023-01-12					2022-12-21	23	2023-01-06	7	2023-01-11	2023-01-13	Y	SUTI 1a	Enteroco...	Y	Foley ...	2023-01-06
12					2023-01-12					2022-10-02	103	2022-12-16	28	2023-02-24	2023-02-24		SUTI 1a	Klebsiell...	Y	Foley ...	2023-01-02
13					2023-01-14					2023-01-11	4	2023-01-12	3	2023-01-17	2023-01-17		SUTI 1a	Escheric...	Y	Foley ...	2023-01-12
14					2023-01-15					2022-12-15	32	2022-12-15	32	2023-02-02	2023-02-02		SUTI 1a	Pseudom...	Y	Foley ...	2023-01-03
15					2023-01-16					2023-01-10	7	2023-01-10	7	2023-01-25	2023-01-25		SUTI 1a	Enteroco...	Y	Foley ...	2023-01-13
16					2023-01-16					2023-01-07	10	2023-01-07	10	2023-02-10	2023-02-10		SUTI 1a	Enteroco...	Y	Foley ...	2023-01-12
17					2023-01-16					2022-12-15	33	2023-01-11	6	2023-01-25	2023-02-02		SUTI 2	Enteroco...	Y	Foley ...	2023-01-11
18					2023-01-18					2023-01-12	7	2023-01-13	6	2023-01-29	2023-01-29	Y	ABUTI	Proteus ...	Y	Foley ...	2023-01-12
19					2023-01-19					2023-01-14	6	2023-01-14	6	2023-01-30	2023-01-30		SUTI 1a	Enteroco...	Y	Foley ...	2023-01-17
20					2023-01-20					2023-01-09	12	2023-01-09	12	2023-02-06	2023-02-06		SUTI 1a	Pseudom...	Y	Foley ...	2023-01-17
21					2023-01-20					2023-01-14	7	2023-01-18	3	2023-01-29	2023-01-29		SUTI 1a	Pseudom...	Y	Foley ...	2023-01-16
22					2023-01-21					2023-01-12	10	2023-01-15	7	2023-02-08	9999-12-31		SUTI 1a	Enteroco...	Y	Foley ...	2023-01-12

## 부록 9. 사용성 평가 설문지

### [ 자동감시 틀 사용성 평가 설문지 ]

과제명 : 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 틀 개발 및 평가

본 연구의 목적은 유치도뇨관 관련 요로감염 감염감시를 위한 자동감시 틀을 사용한 경험이 있는 사용자의 경험을 평가하기 위함입니다. 실제 사용해 본 경험을 바탕으로 귀하의 의견을 솔직하게 응답해주시면 되며, 설문 응답에 소요되는 시간은 약 3분 정도 예상됩니다.

본 설문의 개인 정보 및 설문 내용의 유출 방지를 위해 설문지는 수거 즉시 개인 식별 부호화를 통하여 연구자가 직접 데이터베이스에 입력할 것입니다. 응답하신 내용은 무기명으로 수집하여 분석하고 처리되며 연구 목적 이외에는 절대 사용되지 않을 것이며, 특정 개인이나 조직 관련 내용은 철저히 비밀이 보장됩니다. 설문에 답하여 주시면 감사의 의미로 소정의 선물(커피 쿠폰)을 지급합니다. 귀하께서 작성해 주신 설문조사의 답변은 모두 귀중한 연구 자료가 될 것입니다.

바쁘신 중에 설문에 응해 주셔서 진심으로 감사드립니다.

서울대학교 간호대학 박사과정: 김은옥

**과제명 : 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 틀 개발 및 평가**

○ 감염관리간호사 고유번호 :

○ 감염관리실 근무 경력 : ( )년 ( )개월

번호	Item		1	2	3	4	5	6	7		N/A
1	전반적으로 나는 시스템의 쉬운 사용방법에 만족한다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
2	이 시스템은 사용하기에 간단하다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
3	나는 이 시스템으로 요로감염 감염감시를 빨리 끝마칠 수 있다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
4	나는 이 시스템을 사용하는 것이 편하다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
5	이 시스템은 배우기가 쉽다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
6	나는 이 시스템을 이용해서 요로감염 감염감시를 잘 할 수 있다고 생각한다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
7	에러 메시지는 문제를 해결하는 법을 분명히 알려준다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
8	내가 시스템 이용 시 실수를 범하면, 언제나 빠르고 쉽게 해결할 수 있다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
9	이 시스템이 제공하는 정보들이 확실하다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
10	내가 필요로 하는 정보를 찾는 것이 쉽다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
11	제공하는 정보가 과제와 시나리오를 마치는데 효과적으로 도움을 준다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
12	시스템 화면에 대한 정보의 나열은 분명하다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
13	이 시스템의 인터페이스는 흥미로웠다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
14	나는 이 시스템의 인터페이스를 쓰는 것이 좋다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
15	이 시스템은 내가 기대한 기능들을 다 갖추고 있다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	
16	전체적으로 나는 이 시스템에 대해 만족스럽다.	매우 동의								매우 동의하지 않음	

부록 10. 감염감시 소요시간 측정 기록지

과제명 : 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 틀 개발 및 평가

**감염감시 소요시간 측정 기록지**

○ 감염관리간호사 고유번호 :

Ver. 1

사례번호	수기감시	시작	종료	소요시간 (초)	자동감시	시작	종료	소요시간 (초)
1	①				②			
2	②				①			
3	①				②			
4	②				①			
5	①				②			
6	②				①			
7	①				②			
8	②				①			
9	①				②			
10	②				①			
11	①				②			
12	②				①			
13	①				②			
14	②				①			
15	①				②			
16	②				①			
17	①				②			
18	②				①			
19	①				②			
20	②				①			

과제명 : 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 툴 개발 및 평가

### 감염감시 소요시간 측정 기록지

○ 감염관리간호사 고유번호 :

Ver. 1

사례번호	수기감시	시작	종료	소요시간 (초)	자동감시	시작	종료	소요시간 (초)
1	②				①			
2	①				②			
3	②				①			
4	①				②			
5	②				①			
6	①				②			
7	②				①			
8	①				②			
9	②				①			
10	①				②			
11	②				①			
12	①				②			
13	②				①			
14	①				②			
15	②				①			
16	①				②			
17	②				①			
18	①				②			
19	②				①			
20	①				②			

## 부록 11. 사례 검토 증례 기록지 설명문

과제명 : 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 틀 개발 및 평가

### 증례기록지 설명문

구분	항목	내용
No.	No	숫자
환자정보	연구번호	숫자
	생년월일	YYYY-MM-DD
	부서	본원 부서 공식 약어(예; MICU1, SICU1)
	병상	병실번호 및 병상번호(예; 01, 12)
	진료과	본원 진료과 공식 약어(예; LTS, PLM)
	요로감염 증상	기술
	발열 정보	체온 정보
입퇴원정보	입원일	해당 수진의 입원일자
	전입일	재원병동 전입일
	전출일	재원병동 전출일
	퇴원일	해당 수진의 퇴원일자
감염정보	감염일	검사처방일 or 증상발현일 중 빠른 일자
	전입일	감염발생병동의 전입일자
	전출일	감염발생병동의 전출일자
	감염연	YYYY
	감염월	MM
	감염타입	1=SUTI, 2=ABUTI
	진단기준	NHSN 진단기준
삽입기구	기구관련감염	1=예, 0=아니오
	기구삽입일	YYYY-MM-DD
	삽입장소	본원 부서 공식 약어(예; MICU1, SICU1)
	제거일	YYYY-MM-DD
검체종류	검체 종류	종류 기입
	검체 처방 코드	코드 기입
	검체 처방일	YYYY-MM-DD
미생물	미생물 세균수	세균수 기입
	원인미생물1	원인균명 : 미생물 코드표 참조
	원인미생물2	원인균명 : 미생물 코드표 참조
	작업번호1	미생물 검사 결과지 작업번호
	작업번호2	미생물 검사 결과지 작업번호
	원인균1코드	원인균명 : 미생물 코드표 참조
	원인균2코드	원인균명 : 미생물 코드표 참조
사망여부	재원기간 내 사망여부	1=예, 0=아니오
	사망일	YYYY-MM-DD

## 부록 12. 사례 검토 증례 기록지

과제명 : 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 틀 개발 및 평가

### 증례기록지

구분	항목	내용
No.	No	
환자정보	연구번호	
	생년월일	
	부서	
	병상	
	진료과	
	요로감염 증상	
	발열 정보	
입퇴원정보	입원일	
	전입일	
	전출일	
	퇴원일	
감염정보	감염일	
	전입일	
	전출일	
	감염연	
	감염월	
	감염타입	
	진단기준	
삽입기구	기구관련감염	
	기구삽입일	
	삽입장소	
	제거일	
검체종류	검체 종류	
	검체 처방 코드	
	검체 처방일	
미생물	미생물 세균수	
	원인미생물1	
	원인미생물2	
	작업번호1	
	작업번호2	
	원인균1코드	
	원인균2코드	
사망여부	재원기간 내 사망여부	
	사망일	

부록 13. 연구대상자 보호 심의 결과 통지서

Date : 2023/02/24

주소 : 05505 서울특별시 송파구 올림픽로 43길 88 서울아산병원 TEL : 02-3010-7166

심의결과 통지서					
심의결과 통지일	2023년 02월 20일		심의방법	<input checked="" type="radio"/> 정규 <input type="radio"/> 신속	
접수번호	S2023-0151-0001				
과제번호	2023-0185				
과제명	유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 툴 개발 및 평가				
연구책임자	소속	감염관리팀	직위	부장	성명 김은옥
의뢰자	소속	IIT			
연구상세분류	생명윤리법	인간대상연구			
	연구대상	기타(자동감시 툴 개발 및 평가)			
	연구구분	설문조사연구			
	연구단계				
심의종류	신규과제				
심의결과	연구개시 및 지속, 변경사항 적용이 가능한 결과	<input checked="" type="checkbox"/> 승인 <input type="checkbox"/> 기존대로 연구지속			
	보완심의 또는 이의 신청이 필요한 결과	<input type="checkbox"/> 시정승인 <input type="checkbox"/> 보완(조건부) <input type="checkbox"/> 보완(재심의) <input type="checkbox"/> 연구는 지속하나 보완 필요 <input type="checkbox"/> 연구는 지속하나 이후 연구대상자에게 이루어지는 연구절차 중지 <input type="checkbox"/> 연구는 지속하나 새로운 연구대상자 모집 중지 <input type="checkbox"/> 연구자에 대한 조치 <input type="checkbox"/> 승인된 연구의 일시중지 <input type="checkbox"/> 승인된 연구의 조기종료 <input type="checkbox"/> 반려 <input type="checkbox"/> 기각 <input type="checkbox"/> 보완 <input type="checkbox"/> 기타			
서류접수일	2023년 01월 26일		심의일	2023년 02월 09일	
지속심의주기	<input type="checkbox"/> 3개월 <input type="checkbox"/> 6개월 <input checked="" type="checkbox"/> 1년		승인유효기간	2024년 02월 08일	
	<input type="checkbox"/> 면제 <input type="checkbox"/> 기타				



주소 : 05505 서울특별시 송파구 올림픽로 43길 88 서울아산병원 TEL : 02-3010-7166

기타 심의 의견
<p>본 위원회에서는 연구자가 제출하신 신규과제를 심의한 결과 승인하기로 결정하였습니다. 사전심의에서 심의위원들이 제시한 의견에 대해 충실히 답변을 하시고 의견을 제시함에 감사 드립니다. 제시하신 답변은 본 회의에서 모두 수용되었습니다.</p> <p>※ 위험수준평가: Level I 위험(최소 위험 이내)</p> <p>※ 본 임상연구심의위원회 표준작업지침에 따라 해당 연구의 지속심의 주기에 맞춰 지속심의를 제출 및 승인 받아야 하며, 연구가 종료된 경우 보고기한을 준수하여 종료보고를 하여야 함을 유념하여 주시기 바랍니다.</p>
제출자료 목록 및 버전번호

임상연구심의위원회/기관생명윤리위원회	위원장 류민희	
<p>본 임상연구심의위원회는 국제표준화추진회의(ICH), 의약품임상시험관리기준/의료기기임상시험실시기준(KGCP) 및 생명윤리및안전에 관한법률 등 관련 법규를 준수합니다. 본 연구와 이해상충관계가 있는 위원이 있을 경우 해당 위원은 연구의 심의에서 배제하였습니다.</p>		

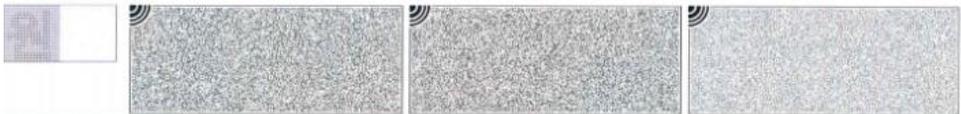
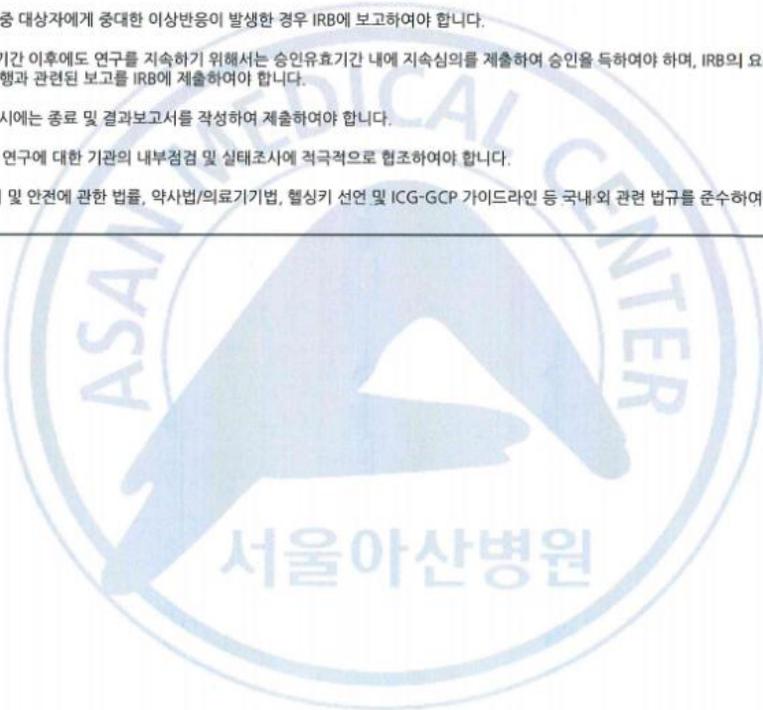


AMC IRB SOP (Ver 16.1\_01 Nov 2022)


**서울아산병원** 임상연구심의위원회  
 Asan Medical Center Institutional Review Board

[연구자 준수사항]

1. 승인된 임상연구계획서에 따라 연구를 수행하여야 합니다.
2. 임상연구계획을 변경하고자 할 경우, 반드시 변경사항에 대해 IRB 심의를 신청하고 승인 받은 후 시행하여야 합니다.
3. 승인된 연구대상자 설명문 및 동의서는 IRB동지일이 명시된 동의서를 출력하여 사용하여야 합니다.
4. 연구대상자에게 강제 혹은 부당한 영향이 없는 상태에서 충분히 설명에 근거하여 동의과정이 수행되어야 하며, 잠재적인 연구대상자에게 연구 참여 여부를 고려할 수 있도록 충분한 기회를 제공하여야 합니다.
5. IRB의 승인을 받은 연구대상자 모집공고문을 사용하여야 합니다.
6. 연구수행 중 대상자에게 중대한 이상반응이 발생한 경우 IRB에 보고하여야 합니다.
7. 승인유효기간 이후에도 연구를 지속하기 위해서는 승인유효기간 내에 지속심의를 제출하여 승인을 득하여야 하며, IRB의 요구가 있을 때에는 연구의 진행과 관련된 보고를 IRB에 제출하여야 합니다.
8. 연구종료 시에는 종료 및 결과보고서를 작성하여 제출하여야 합니다.
9. 승인 받은 연구에 대한 기관의 내부점검 및 실태조사에 적극적으로 협조하여야 합니다.
10. 생명윤리 및 안전에 관한 법률, 약사법/의료기기법, 헬싱키 선언 및 ICG-GCP 가이드라인 등 국내외 관련 법규를 준수하여야 합니다.



## 부록 14. 연구 참여 설명서 및 동의서



Ver 1.0

### 연구대상자 설명문

제목: 유치도뇨관 관련 요로감염 자동감시 툴 개발 및 평가

안녕하십니까? 저는 서울대학교 간호정보학 박사과정을 전공하고 있는 서울아산병원 감염관리팀 간호사 김은옥입니다.

본 연구의 목적은 유치도뇨관 관련 요로감염 감염감시를 위한 자동감시 툴을 사용한 경험이 있는 사용자의 경험을 평가하기 위함입니다.

본 연구의 기간은 IRB 승인일로부터 2023 년 12 월 31 일까지 시행되며, 자동감시 툴 사용자를 대상으로 표준화된 자가보고형 설문지를 통해 연구대상자의 감염관리실 경력과 사용성을 평가하게 됩니다.

약 10 명의 감염관리간호사가 참여할 것으로 예상되며, 실제 사용해 본 경험을 바탕으로 귀하의 의견을 솔직하게 응답해주시면 됩니다. 설문 응답에 소요되는 시간은 약 3 분 정도로 예상되고, 증례기록지 작성에 소요되는 시간은 약 5 분 정도로 예상됩니다. 설문지 및 증례기록지 작성으로 인한 시간 손실 등과 같은 불편이 있을 수 있으나, 이 연구로 귀하에게 생길 수 있는 위험이나 불편이 크지 않으므로 별도로 마련된 보상 절차는 없습니다.

본 연구의 참여는 자율적인 의지로 결정할 수 있고 연구대상자가 받을 수 있는 이익에 대한 손실 없이 임상연구의 참여를 거부하거나 임상연구 도중 언제라도 참여를 포기할 수 있습니다.

본 설문지의 개인 정보 및 설문 내용의 유출 방지를 위해 설문지는 수거 즉시 개인 식별 부호화를 통하여 연구자가 직접 데이터베이스에 입력할 것입니다. 응답하신 내용은 무기명으로 수집하여 분석하고 처리되며 연구 목적 이외에는 절대 사용되지 않을 것이며, 특정 개인이나 조직 관련 내용은 철저히 비밀이 보장됩니다.

Ver 1.0

귀하가 본 설문에 참여하기로 동의한 경우, 귀하의 개인 정보를 수집할 것입니다. 여기에는 감염관리실 근무 경력을 설문지를 통해 수집하겠습니다. 이 개인 정보는 오직 연구 목적으로만 사용되며 다른 목적으로는 절대 사용되지 않습니다. 또한, 연구가 끝난 후에는 향후 점검을 위해 연구 종료 후 3년 동안 동의서를 보관할 예정이며, 그 외 연구자료는 5년간 보관 후 종이 문서는 파쇄 하고 전자문서는 영구적으로 삭제할 예정입니다.

연구의 점검을 실시하는 임상연구심의위원회에서 임상연구의 실시 절차와 자료의 품질을 검증하기 위해 귀하의 신상에 관한 비밀이 보호되는 범위 내에서 연구 기록을 열람할 수 있으며 귀하가 동의서에 서명 시 자료의 열람을 허용하는 것으로 간주됩니다.

연구 참여에 동의한 이후에도 동의 철회를 원할 경우 언제든지 참여를 중단하실 수 있습니다. 또한 이미 설문 조사에 참여한 경우라도 불이익 없이 연구책임자에게 조사된 자료를 폐기하도록 요청하실 수 있으며, 이 경우 모든 자료는 적법한 절차에 따라 폐기됩니다.

설문에 답하여 주시면 감사의 의미로 소정의 선물(만원 상당의 커피 쿠폰)을 지급합니다. 귀하께서 작성해 주신 설문조사의 답변은 모두 귀중한 연구 자료가 될 것입니다. 바쁘신 중에 설문에 응해 주셔서 진심으로 감사드립니다.

본 연구와 관련하여 궁금한 사항이 있는 경우 아래 연락처로 문의하시기 바랍니다.

연구 책임자: 김은옥 (서울대학교 간호대학 간호정보학전공 박사과정)

H.P : 010-4505-1101, E-mail: asankimeunok@gmail.com

대상자의 권리와 안전에 관해 궁금한 사항이 있을 경우 아래 연락처로 문의하시기 바랍니다.

- 서울아산병원 임상연구보호센터 02-3010-7285
- 서울아산병원 임상연구심의위원회 02-3010-7166

Ver 1.0

### 동의서

본인은 본 설명문과 동의서를 읽었고 그 내용을 충분히 이해합니다.

본인은 자발적으로 이 연구에 참여하는 것을 동의합니다. 본인은 본 연구 참여 동의 안내문에 기술된 바에 따라 본인의 개인정보를 사용하는 것을 허락합니다.

본 연구 결과가 출판될 경우에도 본인의 개인정보나 비밀은 보장되며, 개인정보는 잠금 장치가 있는 안전한 장소에 따로 보관되어 공개적으로 열람되지 않습니다.

본인은 연구 참여 기간 중 언제라도 중도에 연구 참여를 중단할 수 있습니다. 또한 본인은 이 연구 참여를 중단하더라도 본인에게 어떠한 불이익도 없다는 것을 알고 있습니다.

점검을 실시하는 자, 임상연구심의위원회 및 규제기관이 관계법령에 따라 임상연구의 실시 절차와 자료의 품질을 검증하기 위하여 연구 참여자의 권리를 침해하지 않는 범위 내에서 연구와 관련된 정보를 열람할 수 있습니다.

이 연구에 참여하기를 동의합니다.

연구대상자 성명 :                      서명 :                      날짜 :            년    월    일

연구책임자 성명 :                      서명 :                      날짜 :            년    월    일

## 부록 15. 연구도구 사용허가서



**Eunok Kim** <asankimeunok@gmail.com>  
yesredpig에게 ▾

2023. 1. 17. 오후 2:55 ☆ ↶ ⋮

박현애교수님 지도학생 김은옥이라고 합니다. ^^

제가 뒤늦게 박사논문을 쓰고 있는데요, 주제는 자동감시 톨 개발 및 평가입니다.  
저도 사용자 화면이 있어 화면에 대한 사용자 유용성 평가를 위해 톨을 검색하였고, 교수님과 상의 후 선생님께서 사용하신 PSSUQ툴을 사용하기로 말씀주셔서 연락드립니다.

선생님께서 2015년 연구에서 사용하신 PSSUQ 한국어판 도구를 제 논문에 사용해도 될지 문의드리고자 연락드렸습니다. 한글버전 설문 문항은 학위논문에서 확인하였습니다.

Development of a Smartphone Application for Clinical-Guideline-Based Obesity Management  
E. Jeon and H.-A. Park, hir 2015 Vol. 21 Issue 1 Pages 10-20

한국어버전판을 사용해도 될지 메일드립니다.  
감사합니다.

김은옥 올림

서울아산병원 감염관리실  
김은옥 010-4505-1101



**Eunjoon Jeon** <yesredpig@gmail.com>  
나에게 ▾

2023. 1. 17. 오후 3:13 ☆ ↶ ⋮

안녕하세요.  
사용하셔도 됩니다. 좋은 연구되시길 바랍니다.

감사합니다  
전은주 드림

2023년 1월 17일 (화) 오후 2:55, Eunok Kim <asankimeunok@gmail.com>님이 작성:

## **Abstract**

# **Development and evaluation of an automated surveillance tool for catheter-associated urinary tract infection**

**Eun Ok Kim**

College of Nursing

The Graduates School

Seoul National University

The purpose of this study was to develop and evaluate an automated surveillance tool for catheter-associated urinary tract infection (CAUTI) based on the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) National Healthcare Safety Network (NHSN) criteria using electronic medical records at a tertiary teaching hospital in Seoul. The automated surveillance tool was developed and evaluated following the phases of the systems life cycle methodology: analysis, design, development, implementation, and evaluation.

During the analysis phase, the CAUTI identification rules, the necessary data and functionality for the automated surveillance tool were extracted. In the design phase, the CAUTI algorithm, database, and user interfaces were designed. In the development phase, the automated surveillance tool was developed within the medical information system. In the implementation and evaluation phase, ten

difficult CAUTI cases were identified and used to assess the inter-rater reliability of the manual surveillance system which served as the reference standard. The usability of the automated surveillance tool was evaluated using the PSSUQ questionnaire. The accuracy of the automated surveillance tool was evaluated by comparing surveillance results with those of manual surveillance. The work efficiency was evaluated by comparing the time required for CAUTI identification between manual and automated surveillance.

As results, 8 NHSN CAUTI rules were extracted, 23 data elements, and 5 main with 17 detailed functions required for the automated surveillance tool were extracted. In the design phase, we designed the flowchart of the CAUTI algorithm, the database with 7 tables, and user interfaces for 5 main and 17 sub-screens. In the development phase, the tool was developed in C# in the development environment of Microsoft Visual Studio 2015 (.Net Framework 4.6) within Asan Medical Information System (AMIS) 3.0, of the study hospital. During the implementation and evaluation phases, the inter-rater reliability was confirmed with 100% agreement. The usability evaluation of the automated surveillance tool showed very high performance and satisfaction with an average score of 1.7 for all items. The accuracy of the automated surveillance tool showed sensitivity of 99.04%, specificity of 99.93%, positive predictive value of 97.17% and negative predictive value of 99.98%. For work efficiency, automated surveillance took an average of 28.9 seconds, while manual surveillance took an average of 267.8 seconds to identify CAUTI event ( $p < 0.001$ ).

The automated surveillance tool developed in this study can be used for CAUTI infection surveillance with high accuracy. However, in order to improve accuracy of event identification, further research is recommended to develop an automated surveillance tool with a set of subjective UTI symptoms, which were not included in

the tool developed in the study because these symptoms were neither standardized nor structured.

**Keywords:** Healthcare-associated infection, Catheter-associated urinary tract infection, Automated surveillance, Electronic surveillance, Automated surveillance tool for catheter-associated urinary tract infection

**Student Number:** 2006-30140