

적외선 체온의 진단 정확도 평가 연구: 체계적 문헌고찰

박 성 희

배재대학교 간호학과

Reliability and Accuracy of Infrared Temperature: A Systematic Review

Park, Seong-Hi

School of Nursing, Pai Chai University, Daejeon, Korea

Purpose: The aim of this study was to investigate the accuracy of infrared temperature measurements compared to axillary temperature in order to detect fever in patients. **Methods:** Studies published between 1946 and 2012 from periodicals indexed in Ovid Medline, Embase, CINAHL, Cochrane, KoreaMed, NDSL, KERIS and other databases were selected using the following key words: "infrared thermometer." QUADAS-II was utilized to assess the internal validity of the diagnostic studies. Selected studies were analyzed through a meta-analysis using MetaDisc 1.4. **Results:** Twenty-one diagnostic studies with high methodological quality were included representing 3,623 subjects in total. Results of the meta-analysis showed that the pooled sensitivity, specificity, and area under the curve (AUC) of infrared tympanic thermometers were 0.73 (95% CI 0.70~0.75), 0.92 (95% CI 0.91~0.92), and 0.90, respectively. For axillary temperature readings, the pooled sensitivity was 0.67 (95% CI 0.62~0.73), the pooled specificity was 0.87 (95% CI 0.85~0.90), and the AUC was 0.80. **Conclusion:** Infrared tympanic temperature can predict axillary temperature in normothermic and in febrile patients with an acceptable level of diagnostic accuracy. However, further research is necessary to substantiate this finding in patients with hyperthermia.

Key Words: Thermometers, Fever, Sensitivity and specificity, Meta-analysis

서 론

1. 연구의 필요성

체온은 인간의 건강상태를 파악하는 활력징후의 가장 대표적인 척도로, 질병의 유무와 진행정도를 반영하는 민감하고 신뢰할 만한 지표이며, 체온 측정과 발열 관리는 업무 비중이 큰 중요한 간호활동 중 하나이다[1]. 정확하게 체온을 측정하

기 위해서는 시상하부에 위치한 온도조절중추의 변화를 가장 잘 반영할 수 있는 중심 체온을 측정하는 것이 바람직하지만 폐동맥, 식도, 방광 등을 이용한 중심 체온 측정은 특수 장치나 전문적 측정기술이 요구되고 침습적인 위험성 때문에 그간 임상에서는 수은(mercury-in-glass) 체온계를 이용한 비침습적인 방법으로 직장, 구강 및 액와 부위에서 말단 체온을 측정하여 왔다[2]. 그러나 이러한 전통적인 체온 측정방법에도 몇 가지 문제가 있다. 직장은 가장 신뢰성 있는 측정 부위로 간주되

주요어: 체온, 발열, 민감도와 특이도, 메타분석

Corresponding author: Park, Seong-Hi

School of Nursing Science, Pai Chai University, 155-40 Baejae-ro, Seo-gu, Daejeon 302-735, Korea.
Tel: +82-42-520-5104, Fax: +82-70-4362-6291, E-mail:shpark@pcu.ac.kr

- 본 논문은 2013년도 배재대학교 신진교원 연구사업(과제번호2013A0003)의 지원을 받아 수행되었음.

- This study was supported by grant No. 2013A0003 from the Pai Chai University Research Fund of Korea in 2013.

Received: Aug 20, 2014 / **Revised:** Nov 30, 2014 / **Accepted:** Dec 1, 2014

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지만 대상자에게 불편감을 주며, 구강체온은 무의식이나 불안정한 환자 및 영유아에게는 안전성을 담보하기 어렵다. 또한 액와 체온은 측정 부위의 접근이 용이하고 안전하여 가장 일반적으로 사용되어 왔으나 외부환경조건과 신체활동에 따라 영향을 많이 받으므로 체온 측정의 정확도가 떨어진다[3].

이에 기존 체온 측정방법에 따른 여러 단점을 보완하고 중심 체온을 보다 잘 반영하는 적외선 체온 측정법이 개발되어 1990년대 이후 널리 보급되고 있다. 특히 고막은 체온조절중추가 있는 시상하부와 동일한 동맥으로부터 혈액공급을 받고 있어 중심 체온을 측정하기 위한 가장 좋은 부위로 여겨지고 있으며[4], 누구나 쉽게 이용할 수 있고 불과 1~2초에 체온을 감지하므로 측정상의 문제는 보완되었다. 그러나 적외선 체온계는 써모파일(thermofile)이라는 적외선 센서를 사용하여 고막에서 방출되는 열적외선을 감지하는 복사열 측정방식을 취한다. 적외선을 직접 고막에 쏘는 것이 아니라 고막에서 발생하는 열을 받아들여 전기적인 신호로 바꾸는 것이다. 그러므로 주변(ambient) 온도에 따라 센서의 출력 전압이 매우 민감하게 달라질 수 있고 발생전압도 1mV 이하이므로 단순한 증폭회로로는 잡음신호(noise)를 감당하기 곤란하여 측정상의 어려움이 발생될 수 있다[5]. 이에 Androkites 등[6]의 연구에서는 액와 체온보다 고막 체온이 실제 체온보다 더 높게 측정되는 문제를 제기하였고, Liu 등[2]의 연구에서는 이마 체온의 정확도는 24%, 고막 체온은 55.2%에 불과한 것으로 보고하고 있으며, 실무에서 적외선 체온계를 사용한 간호사들로부터 기존 방법보다 적외선 체온 측정방식이 환자의 발열상태를 제대로 반영하지 못한다는 경험적 의견들도 꾸준히 제기되어왔다.

사실 체온을 측정하는데 있어서 하나의 문제는 어떠한 방법으로 말단 체온을 재더라도 그것이 중심 체온을 대신할 수는 없다는 점이다[7]. 그간 수은 체온계에 의한 액와 체온이 다른 체온계들의 정확성을 평가할 수 있는 가장 좋은 수단이 되어 왔으나 2007년 유럽연합에서는 안전성 문제로 수은체온계 사용을 금지하였고, 우리나라에서도 식품의약품안전처의 의료기기 허가신고심사 등에 관한 규정 일부개정고시(제2014-142호)에 따라 2015년 1월부터 수은 체온계의 사용금지가 권고될 예정에 있다[8]. 이렇게 수은을 이용한 의료기기의 사용제한조치에 따라 체온 측정에 대해서는 뚜렷한 대체방법이 없는 실정에 놓여있다. 현재 적외선 체온은 그 편리성에 의해 임상에서의 사용이 감소되지 않고 있으며, 체온 측정은 너무나 일반적으로 당연시 되고 있어서 이에 대한 문제를 다루는 연구가 별로 이루어지지 않고 있다.

따라서 사용이 보편화되고 있는 적외선 체온 측정의 진단

정확도를 확인하는 일은 중요한 간호 과제이다. 이에 본 연구에서는 진단법 평가연구결과를 중심으로 발열여부를 감별하는 적외선 체온 측정의 진단 정확도에 대해 체계적으로 확인하고, 간호진단도구로서 그 과학적인 근거를 제시하고자 시도되었다.

연구방법

1. 연구설계

본 연구는 적외선 체온 측정의 진단 정확도를 보고한 문헌에 대한 체계적 문헌고찰 연구이다.

2. 문헌검색전략

본 연구는 코크란 연합의 진단법 정확도에 대한 체계적 문헌고찰 핸드북[9] 및 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 그룹이 제시한 체계적 문헌고찰 보고지침[10]에 따라 수행되었다.

1) 문헌검토기준

(1) 연구유형

적외선 체온측정의 정확성을 평가한 연구를 포함하였다. 연구결과에서 민감도, 특이도만 제시하고 2×2 이원분류표를 작성하는데 충분한 진단 정확도 자료를 제공하지 않은 연구는 제외하였다.

(2) 연구대상

외래나 응급실 내원하거나 입원한 환자를 대상으로 하였다.

(3) 시험 진단법

적외선 체온측정법을 이용하여 체온을 측정하였다.

(4) 비교 진단법

액와 체온 측정과 비교하였다. 액와 체온은 아동 및 성인에서 모두 보편적으로 사용되고 있어 다른 체온계와의 비교 관점에서 측정 정확성을 평가할 수 있는 가장 좋은 수단으로 선택되고 있기 때문이다[7].

(5) 참고표준기준

발열의 판단은 직장 체온 측정을 통해 확인하였다.

(6) 진단정확도 결과

연구결과를 토대로 진양성(true positive), 위양성(false positive), 위음성(false negative, 진음성(true negative) 값을 기술하고, 이를 토대로 민감도, 특이도, 양성 및 음성우도비, 진단교차비를 비교하였다.

2) 문헌검색방법

(1) 전자데이터베이스 검색

전자 데이터베이스(DB)를 이용한 검색은 2013년 7월 31일에 시행되었다. 국내는 KoreaMed와 국가과학기술정보센터(NDSL) 및 한국교육학술정보원(KERIS)을, 국외는 Ovid-Medline (1946년 1월부터 현재), Embase (1947년 1월부터 현재)와 Cochrane Library 및 CINAHL Plus with Full Text를 이용하였다.

(2) 기타 문헌검색원

관련분야의 학술지가 빠짐없이 포함될 수 있도록 한국간호과학회, 성인간호학회, 기본간호학회, 아동간호학회, 기초간호학회, 노인간호학회, 한국간호교육학회, 한국보건간호학회, 대한소아과학회, 대한신생아학회, 한국소아감염병학회 및 대한가정의학회의 홈페이지를 통해 학술지 검색을 추가하였다. 학술지 검색범위는 한국간호과학회의 대한간호학회지는 1970년, 성인간호학회지는 1989년, 기본간호학회지는 1994년, 아동간호학회지와 한국간호교육학회지는 1995년, 기초간호자연과학회지와 노인간호학회지는 1999년, 한국보건간호학회지는 1987년, Korean Journal of Pediatrics는 1992년, 대한신생아학회지는 1994년, 한국소아감염병학회지는 1999년, 가정의학회지는 1980년부터 검색 당일 학회 홈페이지에 게시된 전체 문헌을 대상으로 하였다.

(3) 검색어

핵심질문의 구성요소인 연구대상 및 진단법으로부터 주요 개념어를 도출하여 검색전략을 구성하였다. 국내 DB는 ‘체온 및 체온계’와 ‘thermometer’를 이용하였다. 국외 DB는 효율적 검색을 위해 MeSH 용어를 확인하였으나 ‘thermometers’로만 되어 있어 이를 활용하기에는 검색범위가 너무 넓어 ‘infrared’, ‘forehead’, ‘tympanic’, ‘ear’ 단어를 포함하여 논문제목, 초록 및 부주제어(subheadings) 등의 프리 텍스트(free text) 검색이 가능하도록 검색전략을 구성하였으며, ‘thermometer’와 ‘thermometers’ 모두 검색이 가능하도록 만능문자(wild card)를 활용하여 검색하였다. 진단법 평가연

구에 대한 검색필터(search filter)는 SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network)의 웹 사이트에 제시한 검색전략을 활용하였다.

3) 자료수집 및 분석

(1) 문헌선정기준

문헌선택은 적외선 체온 측정을 이용하여 진양성, 위양성, 진음성, 위음성 결과를 보고한 진단법 평가 연구로, 동료심사(peer-reviewed)를 거쳐 출판된 문헌이었다. 적외선 체온계를 이용한 진단법 평가 연구가 아닌 경우, 참조표준검사와 비교되지 않은 연구, 원저가 아니거나 기타 임상에서 사용하는 체온 측정도구가 아닌 경우, 동물 또는 카테바 연구 등은 배제하였다.

(2) 문헌선택과정

검색된 문헌에서 일차적으로 중복된 문헌을 제거하고, 문헌의 제목 및 초록을 검토하였으며, 정확한 판단이 곤란한 경우는 원문을 찾아 선택 및 배제기준을 적용하여 문헌을 선별하였다. 이 과정은 2명의 연구자가 각자 독립적으로 검토한 후 합의를 통해 결정하였으며, 의견의 불일치가 있는 경우는 제3자 개입의 원칙을 정하였다.

(3) 문헌의 질 평가

문헌의 질은 2명의 연구자에 의해 QUADAS-II (Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-II) 도구를 활용하여 독립적으로 평가하였다[11]. QUADAS-II는 진단법 평가 연구에 대한 질 평가 도구로 ‘편중의 위험(risk of bias)’과 ‘적용(applicability)’을 평가하게 되며, 평가항목은 대상자 선택, 시험 진단법, 참조표준검사와 과정 및 적시성(flow and timing)의 4가지 영역(domain)으로 구성되어있다.

(4) 자료추출 및 분석

자료추출은 우선 근거표(evidence table) 기본 서식을 작성하여 시범적으로 서식의 적절성을 검토한 후 사용되었다. 연구장소, 연구대상의 일반적 특성, 사용된 체온계, 참조표준검사와 발열기준과 아울러 적외선 체온계의 진단결과인 진양성, 위양성, 위음성, 진음성 값을 기술하였다. 이를 토대로 2×2 이원분류표로 작성하였고, ‘2-way Contingency Table Analysis’ 프로그램을 이용하여 민감도, 특이도, 양성우도비, 음성우도비 및 진단정확도와 각 항목의 95% 신뢰구간(95% confidence interval [95% CI])을 계제산하였다.

3. 통계적 분석과 자료 통합

MetaDiSc 1.4 프로그램을 이용하여 메타분석하였다. 진단법 메타분석에서 통합 추정치를 분석하고자 하는 경우, 연구간 이질성을 반영하기 위해 랜덤효과모형 사용을 권고하므로 [9], 통계적 모델에 대한 일반적 원칙은 임의효과모형(random effect model)을 토대로 하였으며, 통합 민감도와 특이도, 양성 및 음성우도비와 진단교차비 및 sROC 곡선(symmetric summary receiver-operating characteristic [sROC] curve)으로 분석하였다. sROC 곡선의 통계량은 곡선아래면적(Area under the curve [AUC])과 index Q*값을 통해 검사 정확도를 기술하였다. AUC의 수치는 AUC=0.5인 경우 비정보적인 검사, $0.5 < AUC \leq 0.7$ 은 덜 정확한, $0.7 < AUC \leq 0.9$ 는 중등도, $0.9 < AUC < 1$ 는 매우 정확한 및 AUC=1은 완벽한 검사로 판단하였고 [12], ROC 곡선에서 민감도와 특이도의 동등점을 반영하는 index Q*는 100% 정확할 때 '1'을 기준으로 판단하였다 [13]. 연구들 간 이질성(heterogeneity)의 존재여부는 우선 스킴을 통해 신뢰구간 및 효과 추정치에 공통적인 부분이 있는지 시각적으로 확인하였다. 또한, 유의수준 5% 미만으로 하여 Higgins의 I^2 동질성 검사(I^2 test)로 평가하였으며, I^2 의 판단기준은 $I^2 \leq 25\%$ 이면 이질성이 낮은 것으로, $25\% < I^2 \leq 75\%$ 는 중간정도의 이질성으로, $I^2 > 75\%$ 이상은 이질성이 높다고 판단하였다 [14].

연구결과

1. 문헌선택 결과

전자 데이터베이스를 통해 총 551개 문헌이 검색되었다. 국내의 경우 KoreaMed 5개, NDSL 58개, KERIS 30개였고, 국외의 경우는 국외 DB는 Ovid-Medline 222개, Embase 123개, Cochrane Library 42개 및 CINAHL 71개이었다. 관련분야 학술지에서는 총 36개 문헌이 검색되었다. 대한간호학회지 9개, 성인간호학회지 5개, 기본간호학회지 7개, 대한가정의학회지 4개, 아동간호학회지, 기초자연과학회지와 한국간호교육학회지, 대한소아과학회지와 대한신생아학회지 각각 2개씩 검색되었으며, 한국소아감염병학회지에서는 1개 문헌이, 노인간호학회지와 한국보건간호학회지에서는 관련문헌이 검색되지 않았다.

우선 검색된 총 587개 문헌 중 중복된 문헌은 161개이었다. 따라서 이를 제외한 426개 문헌을 토대로 제목 및 초록을

검토하여 핵심질문을 중심으로 구성된 선택 및 배제기준에 따라 선정하였으며, 65개 문헌은 원문을 찾아 선별하였다. 최종적으로 405개(95.1%) 문헌이 배제되고, 21개 문헌이 최종 선택되었다. 자세한 문헌 선택 과정은 흐름도로 제시하였다 (Figure 1).

2. 문헌의 질 평가 결과

진단정확성 연구의 질 평가 도구인 QUADAS-II를 활용하여 최종 선택된 21편의 문헌의 질을 평가한 결과, 전체적으로 각 영역에 대해 편중의 위험이 '높음'으로 평가된 문헌은 없었다. 일부 연구에서 대상자 선정 시 임의표집하였으나 체온측정 빈도에 따라 체온 측정값을 비교[a1] 하였거나 진단법 평가 연구였기 때문에 환자 선택에 따른 문제는 적은 것으로 판단하였다. 다만, 연구 유형이 환자대조군 연구인 5편[a1, a4-a6, a12]에서만 전체 환자선택 영역에서 불확실로 평가되었다. 또한 체온은 동시에 또는 대상자의 측정 편이를 고려하여 사전 기준을 정하여 측정되었고 참조표준기준은 이론적 기준에 따라 설정되었으며, 체온 측정과정에서 배제되는 경우는 없었기 때문에 해당 검사나 참조표준기준에 따른 편중의 위험이나 적용의 문제는 없었다. 또한 3편[a3, a5, a7]의 연구에서 모든 환자가 분석에 포함된 것은 아니었지만 전체 결과에 영향을 주지는 않았다. 따라서 선택된 문헌은 모두 질 평가 영역을 충족하는 고품질의 문헌이었다.

3. 선택된 문헌의 일반적 특성

적외선 체온측정의 진단법 평가에 선택된 문헌은 총 21편으로 총 대상자는 3,623명(3,954회 측정)이었다. 미국이 9편(42.9%)으로 가장 많았으며[a6-a8, a11-a12, a14, a19-a21], 노르웨이[a5, a10, a17]와 한국[a13, a16, a18]이 각각 3편, 벨기에가 2편[a3, a9]이었고 나이지리아[a1], 덴마크[a15], 말레이시아[a2], 스웨덴[a4]이 각각 1편이었다. 연구대상은 생후 1년 미만의 영아를 대상으로 한 경우가 5편[a8, a12-a13, a16, a20], 아동 6편[a1, a6, a11, a14, a18, a21], 성인은 10편[a2-a5, a7, a9-a10, a15, a17, a19]이었고, 이 중 60세 이상 노인만 대상으로 한 경우는 4편[a3, a7, a9, a15]이었다. 또한, 연구장소별로는 외래가 3편[a6, a12, a18], 응급실 8편[a5, a7-a8, a11, a14, a19-a21], 입원 9편[a2-a4, a9-a10, a13, a15-a17]이었고 기타 1편[a1]이었다. 연구대상자 수는 적게는 21명[a2]에서 많게는 370명[a14]로 다양하였고, 100명 이내의 소규모 연구 총 5편[a2, a7,

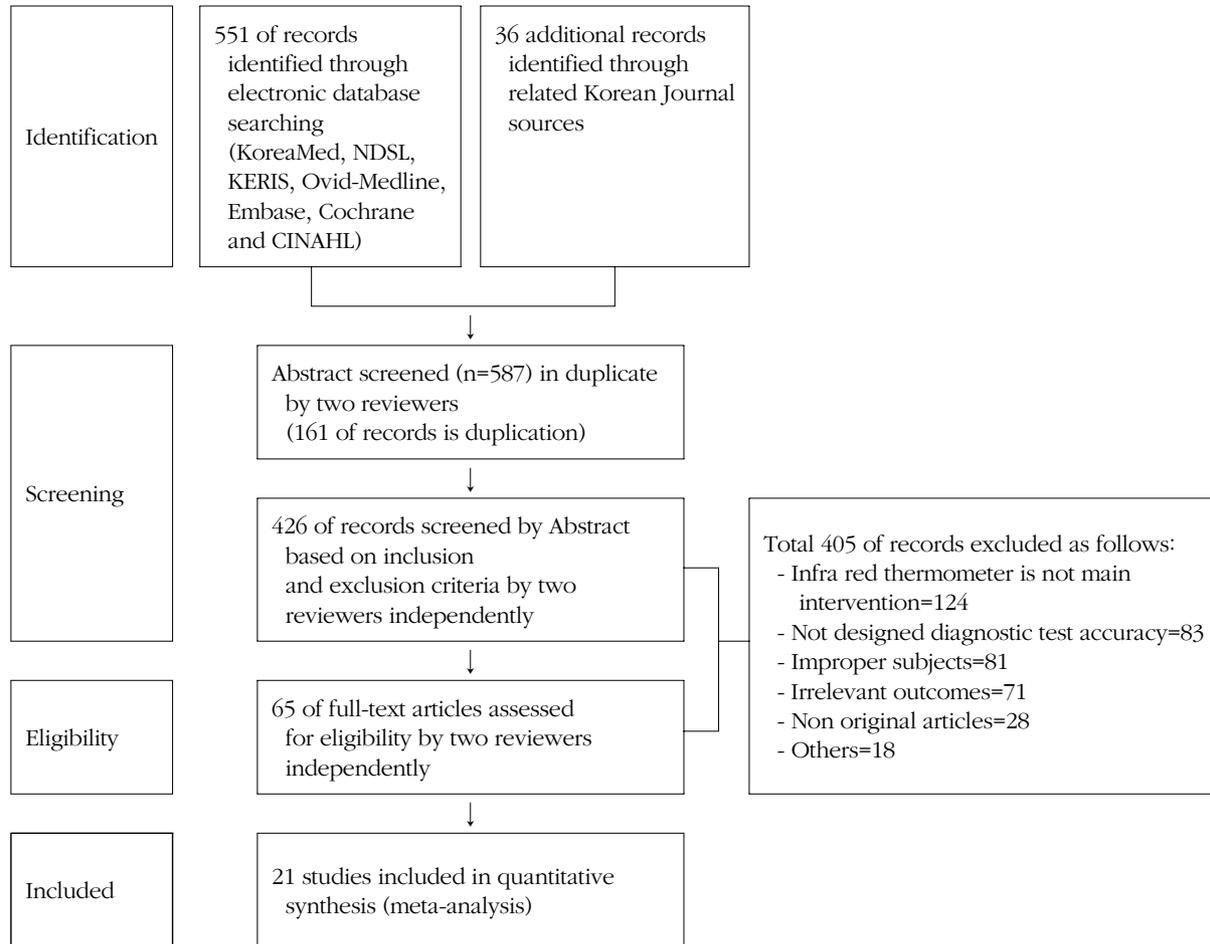


Figure 1. Flow diagram of article selection.

a9,a13,a17) 중에서도 2편[a2,a17]은 200~300건의 체온 측정 회수로 적외선 체온의 진단 정확도를 판별하여, 18편의 연구(85.7%)가 100건 이상의 대규모인 경향을 보였다. 적외선 체온과 액와 체온을 동시 비교한 경우는 총 5편[a2,a6,a12-a13,a16]이었다. 발열기준은 연구마다 약간씩 달랐으나 8편의 연구에서 38.0℃ 미만[a1,a3-a4,a9,a13,a16-a18]을, 38.0℃ 이상을 기준으로 한 경우는 11편[a2,a5-a8,a10-a11,a14,a19-a21]이었고, 두 기준을 모두 적용한 문헌도 2편[a12,a15] 있었다(Table 1).

4. 체온측정의 진단정확도 평가

적외선 체온측정의 진단정확도 평가는 직장체온을 참조표준기준으로 검증한 결과를 비교하였다. 적외선 체온측정은 고막과 이마를 이용한 방법이 있었으나 적외선 이마체온 문헌은 참조표준기준으로 직장 체온을 선택하지 않아 최종 분석에 포

함되지 않았다. 따라서 본 연구결과는 적외선 고막체온과 액와 체온과의 비교를 통해 진단정확도를 분석하였다. 각 비교 값들에 대한 통합 민감도, 특이도, 양성과 음성우도비와 진단 교차비 및 sROC 통계량을 기술하였으며, 문헌들 간 이질성의 원인을 찾아내기 위해 연구대상과 연구장소, 발열기준에 따라 세부분석을 시행하였다(Table 2).

1) 적외선 체온의 진단정확도 평가

(1) 전체분석

적외선 고막체온의 진단정확도 평가는 선택된 21편 문헌에서 모두 보고되었다. 민감도는 0.14에서 1.00의 분포를 보였고, 특이도는 0.20에서 1.00으로 다양하였다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.73 (95% CI 0.70~0.75), 문헌들 간 이질성은 90.3%($\chi^2=248.32, p<.001$)이었고(Figure 2-A), 통합 특이도는 0.92 (95% CI 0.91~0.92)이었으며, 문헌들 간 이질성은 95.2%($\chi^2=495.30, p<.001$)로 높았다(Figure 2-B).

Table 1. Characteristics of the Selected Studies

Year [†]	Authors	Location	Participants		2×2 Table				Value (95% Confidence interval)				
			Subjects & setting	Age (year)	TP	FP	FN	TN	SN	SP	PLR	NLR	DOR
2011	Edeku et al. ^{a1)}	Nigeria	Clinic & emergency room	< 5	349	14	51	386	0.87 (0.85-0.89)	0.97 (0.95-0.98)	24.93 (15.49-42.30)	0.13 (0.12-0.16)	188.68 (99.17-365.04)
2009	Dzair et al. ^{a2)}	Malaysia	Haemato-oncology ward	15-63	42	6	24	228	0.64 (0.55-0.69)	0.97 (0.95-0.99)	24.80 (11.23-61.76)	0.37 (0.32-0.47)	66.50 (23.88-195.62)
2009	Smits et al. ^{a3)}	Belgium	Geriatric unit	>65	43	13	23	221	0.65 (0.56-0.73)	0.94 (0.92-0.97)	11.73 (6.79-20.81)	0.37 (0.29-0.48)	31.78 (14.10-73.04)
2007	Duberg et al. ^{a4)}	Sweden	Wards	>18	17	1	1	60	0.94 (0.77-1.00)	0.98 (0.93-1.00)	57.61 (11.59-686.19)	0.06 (0.10-0.24)	1,020.00 (47.80-139,424.45)
2005	Nordås et al. ^{a5)}	Norway	Emergency room	18-88	23	18	13	46	0.64 (0.50-0.76)	0.72 (0.64-0.79)	2.27 (1.37-3.60)	0.50 (0.30-0.79)	4.52 (1.74-11.94)
2002	Jean-Mary et al. ^{a6)}	USA	Pediatric clinic	<3	3	0	19	156	0.14 (0.04-0.14)	1.00 (0.99-1.00)	-	0.86 (0.86-0.97)	-
2002	Varney et al. ^{a7)}	USA	Emergency room	>60	40	10	13	125	0.76 (0.65-0.83)	0.93 (0.89-0.96)	10.19 (5.69-18.77)	0.27 (0.18-0.39)	38.46 (14.47-105.91)
2001	Greenes et al. ^{a8)}	USA	Emergency room	<1	43	7	20	128	0.68 (0.60-0.74)	0.95 (0.91-0.98)	13.16 (6.43-29.80)	0.34 (0.27-0.45)	39.31 (14.43-111.93)
2000	Smits et al. ^{a9)}	Belgium	Geriatric unit & ICU	67-91	12	0	15	63	0.44 (0.32-0.44)	1.00 (0.95-1.00)	-	0.56 (0.56-0.72)	-
2000	Valle et al. ^{a10)}	Norway	Wards	191	10	0	23	158	0.30 (0.20-0.30)	1.00 (0.98-1.00)	-	0.70 (0.70-0.81)	-
1999	Lanham et al. ^{a11)}	USA	Emergency room	<6	44	1	43	90	0.51 (0.45-0.52)	0.99 (0.94-1.00)	46.02 (7.51-898.47)	0.50 (0.48-0.58)	92.09 (12.92-1857.73)
1999	Wilshaw et al. ^{a12)}	USA	Clinic	<1	49	49	10	12	0.83 (0.76-0.90)	0.20 (0.12-0.27)	1.03 (0.86-1.23)	0.86 (0.37-1.99)	1.20 (0.43-3.35)
1998	Sohng et al. ^{a13)}	Korea	Nursery	0	48	42	11	19	0.81 (0.73-0.89)	0.31 (0.23-0.39)	1.18 (0.94-1.45)	0.60 (0.29-1.20)	1.97 (0.78-5.04)
1997	Brennan et al. ^{a14)}	USA	Emergency room	<6	59	26	0	35	1.00 (0.93-1.00)	0.57 (0.51-0.57)	2.35 (1.91-2.35)	0.00 (0.00-0.13)	-
1997	Christensen et al. ^{a15)}	Denmark	Geriatric unit	66-95	44	22	15	39	0.75 (0.65-0.83)	0.64 (0.55-0.72)	2.07 (1.43-2.95)	0.40 (0.24-0.64)	5.20 (2.22-12.37)
1997	Hwang et al. ^{a16)}	Korea	Nursery	0	5	16	0	65	1.00 (0.48-1.00)	0.80 (0.77-0.80)	5.06 (2.09-5.06)	0.00 (0.00-0.68)	-
1997	Petersen & Hauge ^{a17)}	Norway	Neurosurgery unit	20-78	0	1	5	80	0.00 (0.00-0.19)	0.99 (0.99-1.00)	0.00 (0.00-277.06)	1.01 (0.81-1.01)	0.00 (0.00-341.37)
1995	Lee & Jung ^{a18)}	Korea	Clinics	5.8	155	13	48	154	0.76 (0.73-0.79)	0.92 (0.88-0.95)	9.81 (5.95-17.15)	0.26 (0.22-0.31)	38.25 (19.15-77.80)
1995	Yaron et al. ^{a19)}	USA	Emergency room	17-91	43	5	33	289	0.57 (0.49-0.61)	0.98 (0.96-0.99)	33.27 (13.74-92.68)	0.44 (0.40-0.53)	75.32 (26.13-233.86)
1993	Selfridge et al. ^{a20)}	USA	Emergency room	<0.5	3	7	5	106	0.38 (0.11-0.71)	0.94 (0.92-0.96)	6.05 (1.33-18.27)	0.67 (0.31-0.97)	9.09 (1.37-59.51)
1991	Chamberlain et al. ^{a21)}	USA	Emergency room	4.3	6	30	2	83	0.75 (0.37-0.96)	0.74 (0.71-0.75)	2.83 (1.25-3.81)	0.34 (0.06-0.90)	8.30 (1.40-63.34)
1997	Petersen & Hauge ^{a17)}	Norway	Neurosurgery unit	20-78	26	10	4	89	0.87 (0.72-0.95)	0.90 (0.85-0.93)	8.58 (4.92-12.72)	0.15 (0.05-0.33)	57.85 (14.91-248.90)
1995	Lee & Jung ^{a18)}	Korea	Clinics	5.8	12	32	12	136	0.64 (0.47-0.78)	0.81 (0.78-0.84)	3.34 (2.11-4.79)	0.45 (0.27-0.68)	7.44 (3.10-18.08)
1995	Yaron et al. ^{a19)}	USA	Emergency room	17-91	53	4	12	32	0.82 (0.75-0.86)	0.89 (0.76-0.96)	7.34 (3.14-22.04)	0.21 (0.15-0.33)	35.33 (9.40-146.51)
1993	Selfridge et al. ^{a20)}	USA	Emergency room	<0.5	6	2	4	88	0.60 (0.31-0.76)	0.98 (0.95-1.00)	27.00 (5.78-175.34)	0.41 (0.24-0.73)	66.00 (7.95-730.27)
1991	Chamberlain et al. ^{a21)}	USA	Emergency room	4.3	16	9	2	75	0.89 (0.68-0.98)	0.89 (0.85-0.91)	8.30 (4.42-11.18)	0.12 (0.02-0.38)	66.67 (11.56-507.01)
1991	Chamberlain et al. ^{a21)}	USA	Emergency room	4.3	20	4	5	71	0.80 (0.64-0.90)	0.95 (0.89-0.98)	15.00 (6.00-41.94)	0.21 (0.11-0.40)	71.00 (14.89-394.27)
1991	Chamberlain et al. ^{a21)}	USA	Emergency room	4.3	7	1	4	88	0.64 (0.37-0.72)	0.99 (0.86-1.00)	56.64 (8.43-1207.61)	0.37 (0.28-0.66)	154.00 (2.81-4348.09)

TP=True positive; FP=False positive; FN=False negative; TN=True negative; SN=Sensitivity; SP=Specificity; PLR=Positive likelihood ratio; NLR=Negative likelihood ratio; DOR=Diagnosis odds ratio; ITT=Infrared tympanic thermometer; A=Axillary thermometer; † Year of publication.

Table 2. Summary Results of Meta-analysis

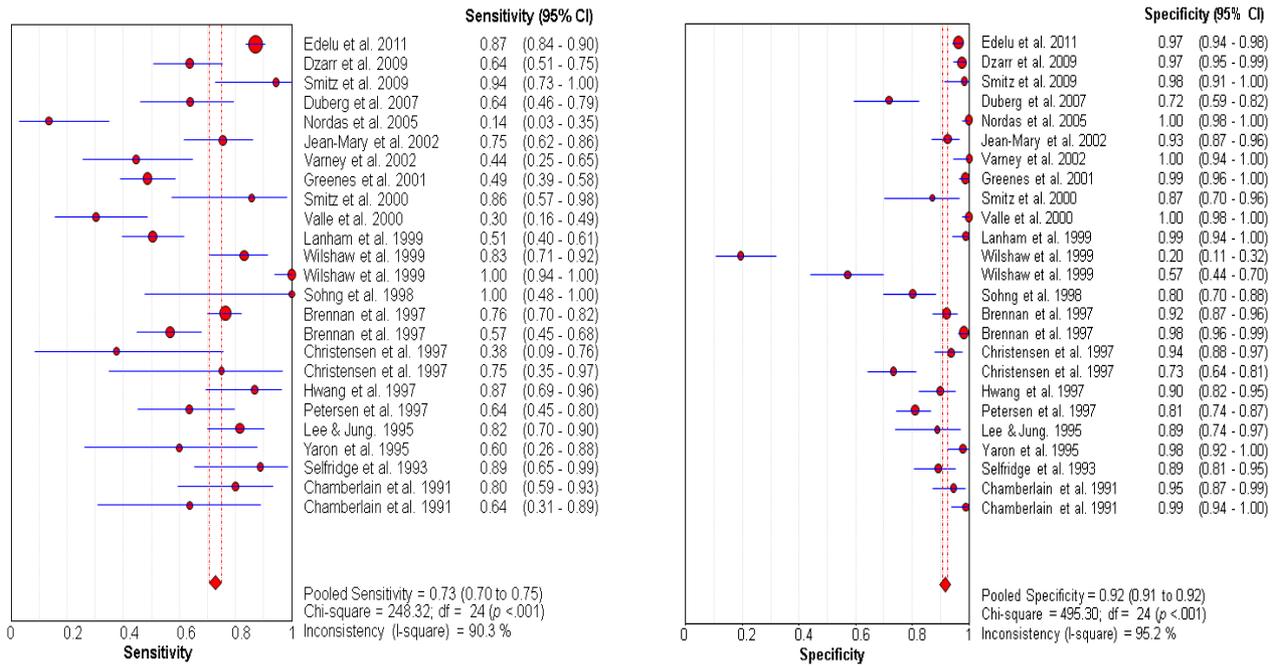
Variables	Fever criteria	Studies (measures)	Sensitivity (95% CI)	Specificity (95% CI)	PLR (95% CI)	NLR (95% CI)	DOR (95% CI)	AUC (SE)	Q* (SE)
Infrared tympanic (total)		21 (25)	0.73 (0.71~0.75)	0.92 (0.90~0.92)	11.10 (5.71~21.55)	0.35 (0.26~0.46)	40.55 (21.58~76.21)	0.90 (0.02)	0.83 (0.02)
Clinic		3 (4)	0.85 (0.80~0.89)	0.70 (0.64~0.75)	3.51 (1.10~11.22)	0.28 (0.12~0.64)	19.31 (2.31~158.19)	0.90 (0.09)	0.83 (0.10)
Emergency room		8 (10)	0.61 (0.57~0.65)	0.97 (0.96, 0.98)	19.80 (11.81~33.21)	0.42 (0.31~0.58)	58.57 (38.49~89.12)	0.93 (0.02)	0.86 (0.02)
Ward & ICU		9 (10)	0.66 (0.60~0.72)	0.89 (0.87~0.91)	6.56 (3.71~11.62)	0.38 (0.25~0.56)	25.97 (10.28~65.59)	0.88 (0.04)	0.81 (0.04)
	< 38.0°C	10	0.84 (0.81~0.87)	0.84 (0.82~0.86)	5.64 (1.92~16.59)	0.26 (0.15~0.44)	23.88 (6.46~88.30)	0.89 (0.03)	0.82 (0.03)
	≥ 38.0°C	13 (15)	0.64 (0.60~0.67)	0.96 (0.95~0.97)	17.66 (8.61~36.20)	0.42 (0.32~0.55)	53.04 (37.74~74.53)	0.93 (0.01)	0.87 (0.02)
Children (0~6 yrs)		11 (14)	0.77 (0.74~0.79)	0.91 (0.90~0.92)	10.91 (4.07~29.28)	0.28 (0.19, 0.40)	50.46 (22.33~114.04)	0.92 (0.02)	0.85 (0.02)
Clinic & Emergency room	< 38.0°C	3	0.86 (0.83~0.89)	0.87 (0.83~0.89)	5.72 (0.08~401.92)	0.27 (0.11~0.69)	20.16 (0.78~521.26)	0.92 (0.01)	0.85 (0.02)
	≥ 38.0°C	7 (9)	0.68 (0.64~0.72)	0.94 (0.93~0.95)	14.74 (6.09~35.67)	0.34 (0.25~0.49)	54.31 (36.72~80.33)	0.93 (0.01)	0.87 (0.02)
Adults (> 15 yrs)		10 (11)	0.56 (0.50~0.62)	0.92 (0.90~0.93)	9.80 (4.69~20.49)	0.49 (0.35~0.67)	28.38 (11.37~70.89)	0.85 (0.05)	0.78 (0.05)
Emergency room	≥ 38.0°C	3	0.36 (0.24~0.49)	0.99 (0.98~1.00)	33.92 (10.38~110.82)	0.62 (0.38~1.02)	70.68 (17.47~285.87)	0.96 (0.07)	0.90 (0.10)
Ward & ICU	< 38.0°C	5	0.72 (0.63~0.81)	0.81 (0.77~0.84)	3.94 (2.23~6.95)	0.34 (0.20~0.59)	15.81 (4.69~53.33)	0.79 (0.14)	0.73 (0.12)
	≥ 38.0°C	3	0.51 (0.42~0.61)	0.97 (0.96~0.99)	18.08 (4.50~72.64)	0.55 (0.34~0.90)	38.55 (8.24~180.37)	0.78 (0.33)	0.72 (0.28)
Axillary (total)		5	0.67 (0.62~0.73)	0.87 (0.85~0.90)	5.76 (1.73~19.22)	0.51 (0.33~0.79)	12.85 (3.72~44.45)	0.80 (0.02)	0.74 (0.02)
Infrared tympanic vs axillary									
Infrared tympanic	< 38.0°C	3	0.85 (0.76~0.92)	0.69 (0.63~0.75)	3.37 (0.75~15.22)	0.28 (0.06~1.37)	12.97 (0.63~266.23)	0.93 (0.03)	0.87 (0.03)
Axillary			0.64 (0.53~0.73)	0.82 (0.77~0.87)	6.67 (0.18~248.78)	0.72 (0.46~1.10)	9.06 (0.54~150.53)	0.72 (0.06)	0.67 (0.05)
Infrared tympanic	≥ 38.0°C	3	0.79 (0.73~0.85)	0.90 (0.87~0.93)	8.12 (1.66~39.73)	0.26 (0.13~0.54)	52.78 (27.92~99.78)	0.95 (0.02)	0.89 (0.03)
Axillary			0.69 (0.62~0.76)	0.90 (0.87~0.93)	6.69 (1.69~26.48)	0.36 (0.29~0.45)	18.47 (5.15~66.20)	0.80 (0.04)	0.73 (0.03)

PLR=positive likelihood ratio; NLR=negative likelihood ratio; DOR=negative odds ratio; AUC=area under the curve; SE=standard error.

sROC AUC는 0.90 (SE=0.02), Q*값은 0.83 (SE=0.02)이었다(Figure 2-C).

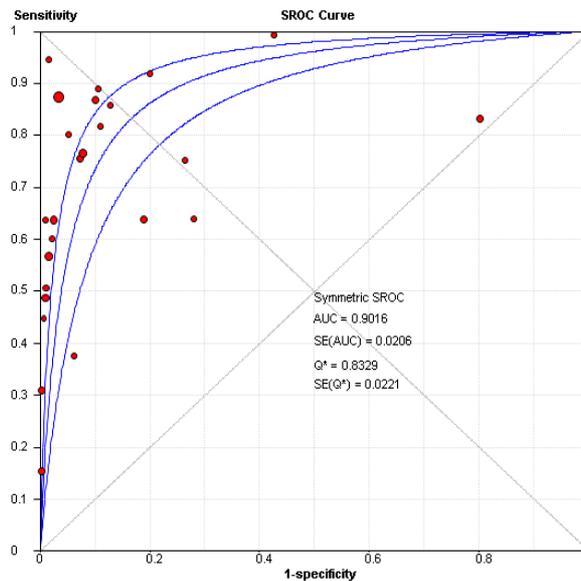
또한, 적외선 고막체온을 연구장소와 발열기준에 따라 메타분석하였다. 우선 외래의 경우 통합 민감도는 0.85 (95% CI 0.80~0.89), 통합 특이도는 0.70 (95% CI 0.64~0.75)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 87.1%($\chi^2=23.19, p<.001$), 97.5%

($\chi^2=119.68, p<.001$), sROC AUC는 0.90 (SE=0.09), Q*값은 0.83 (SE=0.10)이었다. 응급실의 경우 통합 민감도는 0.61 (95% CI 0.57~0.65), 통합 특이도는 0.97 (95% CI 0.96~0.98)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 86.8%($\chi^2=68.36, p<.001$), 78.9%($\chi^2=42.66, p<.001$), sROC AUC는 0.93 (SE=0.02), Q*값은 0.86 (SE=0.02)이었다. 입원의 경우 통합 민감



A. Sensitivity

B. Specificity



C. sROC curve

Figure 2. Diagnostic test accuracy of Infrared tympanic temperature.

도는 0.66 (95% CI 0.60~0.72), 통합 특이도는 0.89 (95% CI 0.87~0.91)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 79.0%($x^2=42.96$, $p<.001$), 92.6%($x^2=121.90$, $p<.001$), sROC AUC는 0.88 (SE=0.04), Q^* 값은 0.81 (SE=0.04)이었다. 발열기준 38.0°C 미만의 경우 통합 민감도는 0.84 (95% CI 0.81~0.87), 통합 특이도는 0.84 (95% CI 0.82~0.86)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 63.3%($x^2=24.51$, $p=.004$), 95.9%($x^2=222.01$, $p<.001$), sROC AUC는 0.89 (SE=0.03), Q^* 값은 0.82 (SE=0.03)이었다. 발열기준 38.0°C 이상인 경우 통합 민감도는 0.64 (95% CI 0.60~0.67), 통합 특이도는 0.96 (95% CI 0.95~0.97)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 90.3%($x^2=144.11$, $p<.001$), 90.9%($x^2=153.17$, $p<.001$), sROC AUC는 0.93 (SE=0.01), Q^* 값은 0.87 (SE=0.02)이었다.

(2) 세부분석

문헌들 간의 이질성이 높아 연구대상을 6세 미만 소아와 성인으로 구분하고, 이를 토대로 연구장소와 발열기준에 따라 세부분석하였다. 이는 각 특성별 문헌이 3편 이상의 보고된 경우에 시행되었다.

6세 미만 소아를 대상으로 한 문헌은 총 11편이었으며, 총 14회 측정되었다. 연구장소별로는 외래 3편, 응급실 5편, 입원이 2편, 응급실 및 외래가 1편이었으며, 외래와 입원의 경우는 주로 38.0°C 미만을, 응급실은 38.0°C 이상을 발열기준으로 하였다. 세부분석은 3편 이상 문헌의 메타분석이 가능하도록 외래 및 응급실 내원과 발열기준 38.0°C 전후를 토대로 시행되었다.

우선 6세 미만 소아를 대상으로 메타분석한 결과, 통합 민감도는 0.77 (95% CI 0.74~0.79), 문헌들 간 이질성은 91.5% ($x^2=152.73$, $p<.001$)이었고 통합 특이도는 0.91 (95% CI 0.90~0.92), 문헌들 간 이질성은 96.1% ($x^2=329.58$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.92 (SE=0.02), Q^* 값은 0.85 (SE=0.02)이었다. 외래 및 응급실 내원 아동 중 38.0°C 미만의 발열기준을 적용한 연구[a1,a12,a18]의 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.86 (95% CI 0.83~0.89), 문헌들 간 이질성은 0.0% ($x^2=1.93$, $p=.38$)로 전혀 없었고, 통합 특이도는 0.87 (95% CI 0.83~0.89), 문헌들 간 이질성은 98.9% ($x^2=186.08$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.92 (SE=0.01), Q^* 값은 0.85 (SE=0.02)이었다. 또한, 38.0°C 이상의 발열기준을 적용한 연구[a6,a8,a11-a12,a14,a20-a21]의 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.68 (95% CI 0.64~0.72), 통합 특이도는 0.94 (95% CI 0.93~0.95), 문헌들 간 이질성은 각각 91.4% ($x^2=93.18$, $p<$

.001), 92.7% ($x^2=108.87$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.93 (SE=0.01), Q^* 값은 0.87 (SE=0.02)이었다.

성인을 대상으로 한 문헌은 총 10편이었으며, 총 11회 측정되었다. 연구 장소별로는 응급실이 3편, 입원이 7편이었으며 응급실은 발열기준 38.0°C 이상으로, 입원은 38°C 미만이 5편, 38.0°C 이상이 3편이었다. 따라서 이를 토대로 세부분석하였다. 우선 성인을 대상으로 메타분석한 결과, 통합 민감도는 0.56 (95% CI 0.50~0.62), 문헌들 간 이질성은 81.0% ($x^2=52.53$, $p<.001$)이었고 통합 특이도는 0.92 (95% CI 0.90~0.93), 문헌들 간 이질성은 93.9% ($x^2=165.11$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.85 (SE=0.05), Q^* 값은 0.78 (SE=0.05)이었다.

응급실 및 38.0°C 이상의 발열기준 연구[a5,a7,a19]에 대한 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.36 (95% CI 0.24~0.49), 통합 특이도는 0.99 (95% CI 0.98~1.00)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 77.1% ($x^2=8.74$, $p=.01$), 59.7% ($x^2=4.97$, $p=.08$)이었다. sROC AUC는 0.96 (SE=0.07), Q^* 값은 0.90 (SE=0.10)이었다. 입원 및 발열기준 38.0°C 미만 연구[a3-a4,a9,a15,a17]의 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.72 (95% CI 0.63~0.81), 통합 특이도는 0.81 (95% CI 0.77~0.84)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 58.1% ($x^2=9.71$, $p=.05$), 84.7% ($x^2=26.13$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.79 (SE=0.14), Q^* 값은 0.73 (SE=0.12)이었다. 입원 및 발열기준 38.0°C 이상 연구[a2,a10,a15]의 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.51 (95% CI 0.42~0.61), 통합 특이도는 0.97 (95% CI 0.96~0.99)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 82.1% ($x^2=10.66$, $p=.01$), 84.0% ($x^2=12.51$, $p=.001$)이었다. sROC AUC는 0.78 (SE=0.33), Q^* 값은 0.72 (SE=0.28)이었다.

2) 액와 체온의 진단정확도 평가

액와 체온은 5편[a2,a6,a12-a13,a16]의 문헌에서 보고되었다. 성인을 대상으로 한 연구는 1편[a2]이었고, 6세 미만 소아 대상이 4편이었다[a6,a12-a13,a16]. 전체 문헌에서의 민감도는 0.00에서 0.81의 분포를 보였고, 특이도는 0.31에서 1.00으로 다양하였다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.67 (95% CI 0.62~0.73)이었고 문헌들 간 이질성은 82.2% ($x^2=28.04$, $p<.001$)이었고(Figure 3-A), 통합 특이도는 0.87 (95% CI 0.85~0.90)이었으며, 문헌들 간 이질성은 97.3% ($x^2=188.30$, $p<.001$)로 높았다(Figure 3-B). sROC AUC는 0.80 (SE=0.02)이었고 Q^* 값은 0.74 (SE=0.02)이었다(Figure 3-C).

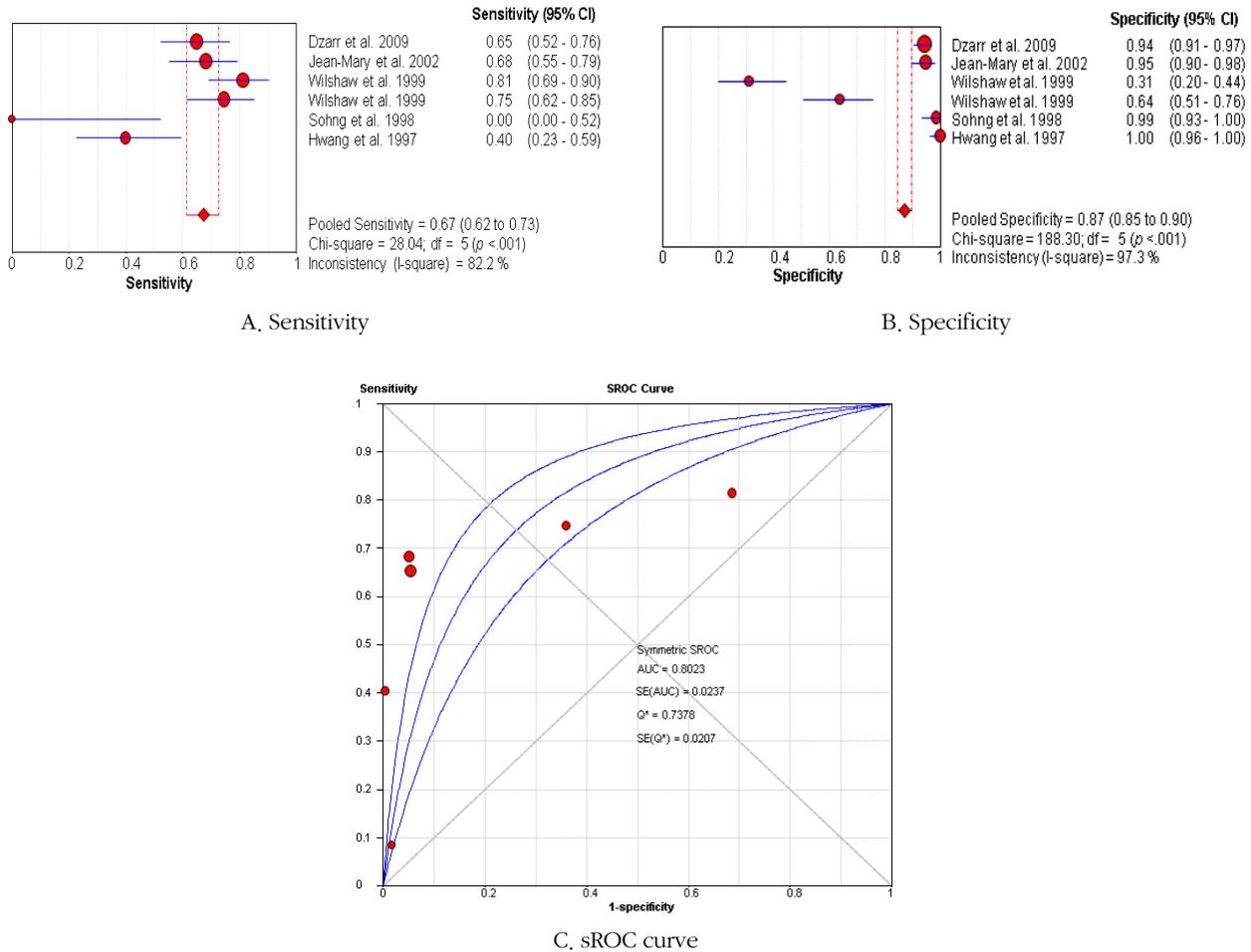


Figure 3. Diagnostic test accuracy of axillary temperature.

3) 적외선 고막체온과 액와 체온 비교

적외선 고막체온과 액와 체온을 모두 보고한 문헌(총 5편, 총 6회 측정)의 연구장소는 입원 3편, 외래 2편이었고 발열기준은 38.0℃ 미만과 이상이 각각 3편씩 측정되어 이를 토대로 비교하였다. 우선 38.0℃ 미만의 발열기준[a12-a13, a16]을 토대로 메타분석한 결과, 적외선 고막체온의 통합 민감도는 0.85 (95% CI 0.76~0.92), 문헌들 간 이질성은 0.0%($x^2=1.86$, $p=.39$)로 없었고, 통합 특이도는 0.69 (95% CI 0.63~0.75)였으며, 문헌들 간 이질성은 97.9%($x^2=93.07$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.93 (SE=0.03), Q*값은 0.87 (SE=0.03)이었다. 액와 체온의 통합 민감도는 0.64(95% CI 0.53~0.73), 통합 특이도는 0.82 (95% CI 0.77~0.87)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 92.3%($x^2=25.88$, $p<.001$), 84.7%($x^2=139.60$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.72 (SE=0.06), Q*값은 0.67 (SE=0.05)이었다.

38.0℃ 이상의 발열기준 연구[a2,a6,a12]에 대한 메타분석한 결과, 적외선 고막체온의 통합 민감도는 0.79 (95% CI 0.73~0.85), 통합 특이도는 0.90 (95% CI 0.87~0.93)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 94.5%($x^2=36.38$, $p<.001$), 96.9%($x^2=64.82$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.95 (SE=0.02), Q*값은 0.89 (SE=0.03)이었다. 액와 체온의 통합 민감도는 0.69 (95% CI 0.62~0.76), 통합 특이도는 0.90 (95% CI 0.87~0.93)였으며, 문헌들 간 이질성은 각각 0.0%($x^2=1.35$, $p=.51$), 95.0%($x^2=39.91$, $p<.001$)이었다. sROC AUC는 0.80 (SE=0.04), Q*값은 0.73 (SE=0.03)이었다.

논 의

본 연구는 적외선 체온 측정의 진단정확도를 규명하기 위해 21편의 진단법 평가 연구결과를 토대로 총 3,623명(3,954회

측정)의 연구대상자의 체온측정 방법을 구분하여 체계적으로 고찰한 후 메타분석을 통해 간호진단법으로서 적외선 체온의 진단정확도를 평가하였다. 진단법 평가는 민감도, 특이도 등의 진단지표에 대한 수학적 절대기준이 존재하지만 현실적으로 체온 측정은 나이, 심박동, 대기온도, 운동이나 측정 부위 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는다[3,7]. 본 연구에서는 그간 체온측정에서 황금기준으로 여겨왔던 직장 체온을 참조표준기준으로 하고, 아동이나 성인에서 모두 사용가능하며 대기온도에 영향을 받는 적외선 고막 체온과 가장 유사한 조건에서 비교할 수 있는 액와 체온과의 비교 관점에서 적외선 체온측정의 유용성을 평가하고자 하였다. 이는 중심 체온을 정확히 측정하기 어려운 현실적 한계와 참조표준기준에 따라 참값이 달라지는 판별의 문제를 줄이기 위한 방법이었다.

진단 정확도는 민감도, 특이도, 양성 및 음성 예측도 등을 통해 표현되는데 일반적으로 예측도는 질병빈도에 영향을 받으므로[15] 본 연구에서는 이와 무관하게 사용될 수 있는 ROC 분석법을 이용하여[16] 체온 측정의 판별력을 제시하였다. 또한 체온 측정의 기본 목적은 발열을 얼마나 정확히 확인하는가에 있으므로 발열 환자를 올바르게 검출하는 능력인 민감도와 검사 성능의 적절성을 결정하는데 활용되는 sROC AUC 값을 기준으로 체온 측정의 진단 정확도를 해석하였다.

연구결과를 전체적으로 종합하면, 액와 체온과의 비교 관점에서 적외선 고막체온의 진단 정확도는 떨어지지 않는 것으로 나타났다. 적외선 고막체온의 통합 민감도는 0.73 (95% CI 0.71~0.75), 통합 특이도 0.92 (95% CI 0.90~0.92), sROC AUC 0.90 (SE=0.02)이었고 액와 체온의 통합 민감도는 0.67 (95% CI 0.62~0.73), 통합 특이도 0.87 (95% CI 0.85~0.90), sROC AUC는 0.80 (SE=0.02)이었다. 또한, 동일 대상자에게 두 가지 체온 측정법을 모두 적용한 5편의 연구를 분석한 결과, 38.0℃ 미만과 38.0℃ 이상 모두에서 적외선 고막체온의 통합 민감도와 sROC가 각각 0.83과 0.79 및 0.93 (SE=0.03), 0.95 (SE=0.02)였고, 액와 체온의 통합 민감도와 sROC는 각각 0.64와 0.69 및 0.72 (SE=0.06), 0.80 (SE=0.04)로 나타나 분석되어 전체 결과와 동일한 맥락으로 설명할 수 있었다. 비록 문헌들 간의 이질성이 높아 해석에 한계는 있지만 AUC 값을 통해 분석할 때 적외선 고막체온의 AUC는 0.9를 상회함으로 그동안 임상에서 가장 많이 활용되었던 수은 체온계를 대체할 수 있는 체온측정법으로 간주될 수 있다.

연구대상과 장소, 발열기준에 따른 진단 정확도의 차이와 문헌들 간 이질성의 원인을 파악하기 위해 3편 이상의 문헌이 보고된 경우를 대상으로 세부분석 하였다. 우선 연구대상에

따라 6세 미만 소아와 성인으로 구분하여 분석한 결과, 적외선 고막체온은 성인보다 소아에서 진단 정확도가 높은 양상을 보였다. 특이도는 유사하였으나 민감도에서는 차이를 보였다. 우선 연구 장소별로 보면, 적외선 고막체온의 통합 민감도가 외래나 입원 환자에서보다 응급실의 경우 상대적으로 진단 정확도가 떨어지는 경향을 보였으며, 이는 성인의 경우에서도 동일하였다. 또한, 발열기준에 따라 분석하면, 38.0℃ 미만의 경우 38.0℃ 이상에 비해 민감도는 높으나 특이도는 다소 떨어지는 양상을 보였으며, 38.0℃ 이상 발열기준일 때는 반대의 경향을 보였고, 이는 성인 입원 환자를 비교한 경우에서도 마찬가지였다.

연구대상별 연구 장소와 발열기준을 동일한 조건으로 세부 분석한 결과, 대부분의 경우 문헌들 간 이질성은 크게 줄어들지는 않았으나 6세 미만 소아의 외래 및 응급실 내원의 발열기준 38.0℃ 미만에서와 적외선 고막체온과 액와 체온을 함께 비교한 경우 문헌들 간 이질성은 0.0%($p>.05$)로 전혀 없거나 50% 내외로 감소되는 경우도 발생하였다. 특이도에서는 문헌들 간 이질성이 크게 줄지 않았으나 신뢰구간의 간격이 모든 분석에서 좁은 경향을 보였고, 발열기준 38.0℃ 이상의 성인 응급 환자의 경우는 통합 특이도의 문헌들 간 이질성이 59.7%로 낮아지는 양상도 보였다.

상기 세부분석 결과를 통해 살펴볼 때, 명확히 설명하기는 어렵지만 연구조건의 차이가 적외선 고막체온의 진단 정확도의 차이를 발생시키고 문헌들 간 이질성을 나타내는 원인 중 하나일 수 있다고 해석할 수 있었다. 소아보다 성인에서, 외래나 입원의 경우보다 응급실에서 민감도가 떨어지는 점과 발열기준 38.0℃ 이상의 고체온증에서 민감도가 낮아지는 점은 적외선 고막체온이 갖는 예민도의 한계를 보여주고 있다. 본 연구에서 그 원인을 명확히 밝힐 수는 없지만 응급실에서의 판별력이 떨어지는 점은 적외선 체온측정 상 대기온도에 영향을 받거나 측정과정에서 발생하는 문제를 간접적으로 시사하는 결과로 보인다. 또한, 발열기준에 따른 문제는 발열과 고체온증의 체온상승 기전에 대한 인체의 반응이 다른데서 나타나는 측정 상의 문제일 수도 있으며[3] 신체 부위별 측정되는 온도가 다른 본질적 특성 때문으로도 추정할 수 있다.

종합하면, 적외선 고막체온은 안정적인 환경에서는 액와 체온의 대체방법으로 사용 가능하나 응급실이나 38.0℃ 이상의 고체온증을 보이는 경우 한 번의 측정만으로는 정확한 발열진단이 어려운 것으로 보인다. Well 등의 연구[17]에서 제안된 바와 같이 이 경우 적외선 고막 체온계를 선별 검사로 사용하고 다른 방법으로 정확하게 체온을 재확인할 수 있어야

한다. 체온을 재확인하는 방법으로 Well 등은 직장 체온을 이용할 것을 추천하였지만 현재 수은을 이용한 의료기기의 사용이 제한되는 현 시점에서는 이를 활용할 수 없으므로, 대기온도에 따른 오류를 배제하기 위해 내원 후 바로 체온을 재기보다는 시간적인 간격을 두거나 양쪽 귀를 이용하여 적외선 고막체온을 재 측정하는 방법들을 활용하는 것을 권고할 수 있다.

결론 및 제언

최근 수은 체온계의 사용이 제한되면서 사용이 편리한 고막체온이 임상실무에서 기본적인 체온측정의 도구로 활용되고 있는 바 체온측정의 신뢰도 확보가 간호의 중요한 과제로 부각되고 있다. 이에 본 연구는 21편의 진단법 평가연구결과에 근거한 체계적 문헌고찰을 통해 적외선 고막체온의 진단 정확도를 규명할 수 있었다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 다만, 응급실이나 고체온증의 경우 적외선 고막체온이 갖는 제한점을 극복하기 위해서는 여러 방법으로 발열상태를 재측정하여 정확히 판단하는 것이 요구된다. 체온측정에 대한 간호지침은 아직 국내 임상에서 표준화되어 있지 않지만 이러한 체계적 문헌고찰을 통해 나타난 결과를 바탕으로 간호사들이 실무에서 과학적 근거에 따라 적외선 고막체온을 측정할 수 있어야 하며, 판별력을 높이기 위해 보다 구체적인 간호지침을 정립하기 위한 후속 연구가 동반되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Moran JL, Peter JV, Solomon PJ, Grealley B, Smith T, Ashforth W, et al. Tympanic measurements: are they reliable in the critically ill? A clinical study of measures of agreement. *Critical Care Medicine*. 2007;35(1):155-64.
- Liu CC, Chang RE, Chang WE. Limitations of forehead infrared body temperature detection for fever screening for severe acute respiratory syndrome. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. 2004;25(12):1109-11.
- Lee TJ, Kim DS. Fever. *Korean Journal of Pediatrics*. 2007;50:121-6.
- Childs C, Harrison R, Hodkinson C. Tympanic membrane temperature as a measure of core temperature. *Archives of Disease in Childhood*. 1999;80(3):262-6. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.80.3.262>
- Park CW, Park, SN. Development of standard and improvement of reliability in body temperature measurement. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*. 2007;24(9):32-6.
- Androkites AL, Werger AM, Young ML. Comparison of axillary and infrared tympanic membrane thermometry in a pediatric oncology outpatient setting. *Journal of Pediatric Oncology Nursing*. 1998;15:216-22.
- Yun KW, Lim IS. A study for accuracy and usefulness of tympanic membrane and forehead thermometers. *Korean Journal of Pediatrics*. 2005;48(8):820-5.
- Ministry of Food and Drugs Safety. Medical device regulations revision No. 2014-142. [Internet]. Cheongju: Ministry of Food and Drugs Safety; 2014. [cited 2014 August 11]. Available from: <http://www.mfds.go.kr/index.do?x=30&searchkey=title:contents&mid=686&searchword=&division=&y=12&pageNo=6&seq=8211&cmd=v>
- Macaskill P, Gatsonis C, Deeks J, Harbord R, Takwoingi T. *Cochrane handbook for systematic reviews of diagnostic test accuracy version 1.0*. [Internet]. The Cochrane Collaboration; 2010 [cited 2013 May 30]. Available from: <http://www.cochrane-handbook.org>
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Antes G, Atkins D, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*. 2009;151(4):264-9. <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Whitting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Annals of Internal Medicine*. 2011;155(8):529-36. <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
- Greiner M, Pfeiffer D, Smith RD. Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. *Preventive Veterinary Medicine*. 2000;45(1-2):23-41. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5877\(00\)00115-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5877(00)00115-X)
- Walter SD. Properties of the summary receiver operating characteristic (SROC) curve for diagnostic test data. *Statistics in Medicine*. 2002;21(9):1237-56.
- Higgins JP, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*. 2002;21(11):1539-58. <http://dx.doi.org/10.1002/sim.1186>
- Fischer JE, Bachmann LM, Jaeschke R. A readers' guide to the interpretation of diagnostic test properties: clinical example of sepsis. *Intensive Care Medicine*. 2003;29(7):1043-51.
- Zweig MH, Campbell G. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clinical Chemistry*. 1993;39(4):561-77.
- Wells N, King J, Hedstrom C, Youngkins J. Does tympanic temperature measure up? *The American Journal of Maternal/Child Nursing*. 1995;20:95-100.

APPENDIX

- a1. Edelu BO, Ojinnaka NC, Ikefuna AN. Fever detection in under 5 children in a tertiary health facility using the infrared tympanic thermometer in the oral mode. *Italian Journal of Pediatrics*. 2011;37:8.
<http://dx.doi.org/10.1186/1824-7288-37-8>
- a2. Dzarr AA, Kamal M, Baba AA. A comparison between infrared tympanic thermometry, oral and axilla with rectal thermometry in neutropenic adults. *European Journal of Oncology Nursing*. 2009;13(4):250-4.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejon.2009.03.006>
- a3. Smitz S, Van de Winckel A, Smitz MF. Reliability of infrared ear thermometry in the prediction of rectal temperature in older inpatients. *Journal of Clinical Nursing* 2009;18(3):451-6. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2702.2008.02565.x>
- a4. Duberg T, Lundholm C, Holmberg H. Ear thermometer not an adequate alternative to rectal thermometer. *Lakartidningen*. 2007;104(19):1479-82.
- a5. Nordås TG, Leiren S, Hansen KS. Can ear temperature measurement be used in a hospital? *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2005;125(20):2763-5.
- a6. Jean-Mary MB, Dicanzio J, Shaw J, Bernstein HH. Limited accuracy and reliability of infrared axillary and aural thermometers in a pediatric outpatient population. *Journal of Pediatrics*. 2002;141(5):671-6.
- a7. Varney SM, Manthey DE, Culpepper VE, Creedon JFJ. A comparison of oral, tympanic, and rectal temperature measurement in the elderly. *Journal of Emergency Medicine*. 2002;22(2):153-7.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0736-4679\(01\)00457-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0736-4679(01)00457-7)
- a8. Greenes DS, Fleisher GR. Accuracy of a noninvasive temporal artery thermometer for use in infants. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*. 2001;155(3):376-81.
- a9. Smitz S, Giagoultsis T, Dewe W, Albert A. Comparison of rectal and infrared ear temperatures in older hospital inpatients. *Journal of American Geriatric Society*. 2000;48(1):63-6.
- a10. Valle PC, Kildahl-Andersen O, Steinvoll K. A comparative study of infrared tympanic thermometry and rectal mercury thermometry. *Scandinavian Journal of Infectious Disease*. 1999;31(1):105-6.
- a11. Lanham DM, Walker B, Klocke E, Jennings M. Accuracy of tympanic temperature readings in children under 6 years of age. *Pediatric Nursing*. 1999;25(1):39-42.
- a12. Wilshaw R, Beckstrand R, Waid D, Schaalje GB. A comparison of the use of tympanic, axillary and rectal thermometers in infants. *Journal of Pediatric Nursing*. 1999;14(2):88-93.
- a13. Sohng KY, Kang SS, Hwang JS, Kim MJ. Accuracy of temperature measurements, nursing time for measuring temperature and the validity of fever detection. *Journal of Korean Academy of Korean Fundamentals of Nursing*. 1998;5(1):33-45.
- a14. Brennan DF, Falk JL, Rothrock, SG, Kerr RB. Reliability of infrared T thermometry in the detection of R fever in children. *Annals of Emergency Medicine*. 1995;25(1):21-30.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0196-0644\(95\)70350-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0196-0644(95)70350-0)
- a15. Christensen PM, Christensen VB, Matzen LE. Evaluation of ear temperature measurements in a geriatric department. *Ugeskr Laeger*. 1998;160(36):5175-7.
- a16. Hwang JS, Sohng KY. Comparison of rectal temperature with axillary and tympanic temperature. *Journal of Korean Academy of Korean Fundamentals of Nursing*. 1997;4(2):351-8.
- a17. Petersen MH, Hauge HN, Petersen MH, Hauge HN. Can training improve the results with infrared tympanic thermometers? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 1997;41(8):1066-70.
- a18. Lee WH, Jung SP. The validity of the tympanic membrane thermometer in detecting fever of the children. *Journal of the Korean Academy of Family Medicine*. 1995;16(8):531-6.
- a19. Yaron M, Lowenstein SR, Koziol-McLain J. Measuring the accuracy of the infrared tympanic thermometer: correlation does not signify agreement. *The Journal of Emergency Medicine*. 1995;13(5):617-21.
- a20. Selfridge J, Shea SS. The accuracy of the T membrane thermometer in detecting fever in infants aged 3 months and younger in the emergency department setting. *Journal of Emergency Nursing*. 1993;19(2):127-30.
- a21. Chamberlain JM, Grandner J, Rubinoff JL, Klein BL, Waisman Y, Huey M, et al. Comparison of a tympanic thermometer to rectal and oral thermometers in a pediatric emergency department. *Clinical Pediatrics*. 1991;30(4 suppl):24-9.