

폐동맥관을 부착하고 있는 심장수술 환자에 대한 비침습적 체온측정 방법의 정확도, 정밀도 및 발열감별 타당도

주가을¹ · 송경애²

¹경인여자대학교 간호과 조교수, ²가톨릭대학교 간호대학 교수

Accuracy, Precision, and Validity of Fever Detection using Non-invasive Temperature Measurement in Adult Coronary Care Unit Patients with Pulmonary Catheters

Joo, Gaeul¹ · Sohng, Kyeong-Yae²

¹Assistant Professor, Department of Nursing, Kyungin Women's College, Incheon

²Professor, College of Nursing, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Purpose: To investigate the accuracy, precision and validity of fever detection of tympanic membrane (TM), temporal artery (TA) and axillary temperature (AT) compared with pulmonary artery temperature (PA). **Methods:** Repeated-measures design was conducted for one year on 83 adult cardiac care unit patients with pulmonary artery catheters after open heart surgery. Sequential temperature measurements were taken three times at 20-minute intervals. Accuracy, precision, repeatability, and validity of fever detection were analyzed. **Results:** Mean pulmonary artery temperature was 37.04°C (SD 0.70°C). The mean (SD) offsets from PA, with the mean reflecting accuracy and SD reflecting precision, were -1.31°C (0.75°C) for TA, -0.20°C (0.24°C) for TM, and -0.97°C (0.64°C) for AT. Percentage of pairs with differences within $\pm 0.5^\circ\text{C}$ was 9.6% for TA, 19.7% for AT, and 91.6% for TM. Repeated measurements with all three methods had mean SD values within 0.04°C. Sensitivity, specificity, and positive and negative predictive values of tympanic measurements were 0.76, 1.0, and 1.0, and 0.90, respectively. **Conclusion:** Results show that TM best reflects PA, and is most consistent, accurate, and precise. AT tends to underestimate PA, and TA is least accurate and precise. Therefore tympanic membrane measurement is a reliable alternative to other non-invasive methods of measuring temperatures.

Key words: Body temperature, Thermometer

서론

1. 연구의 필요성

체온 측정치는 환자의 상태를 평가하거나 문제를 확인하고 질병의 유무와 진행 정도를 반영하는 민감하고 신뢰할 만한 지표로 질병의 진단과 치료 및 간호에 중요한 정보가 되므로 정확한 체온측정은 환자의 건강상태 평가에 매우 중요하다(Sohng et al., 2009). 체온은

측정부위에 따라 다양한 유형의 체온계가 사용되며, 다양한 체온계 중 어느 부위에서 어떤 체온계를 사용하여 측정해야 정확한 체온 측정치를 얻을 수 있는지에 대해서는 아직 논쟁의 여지가 있다(Yun & Lim, 2005). 체온은 침습적, 비침습적 방법으로 측정할 수 있으며, 침습적 방법으로는 식도, 방광, 폐동맥에서, 비침습적 방법으로는 구강, 고막, 액와, 이마에서 주로 측정하고 있다. 침습적 체온 측정 부위 중 폐동맥에서는 정맥혈과 혼합된 혈액의 온도를 반영하고 있어 심부체온을 가장 잘 반영하기 때문에 폐동맥체온은 체온평가

주요어: 체온, 체온계

*2009년도 가톨릭대학교 성의기초과학 연구비 지원으로 이루어진 연구임.

*This research was supported by a research grant of the Catholic University of Korea in 2009.

Address reprint requests to : Sohng, Kyeong-Yae

College of Nursing, The Catholic University of Korea, 222 Banpodaero, Seocho-gu, Seoul 137-701, South Korea

Tel: +82-2-2258-7410 Fax: +82-2-2258-7772 E-mail: sky@catholic.ac.kr

투고일: 2011년 8월 17일 심사완료일: 2011년 9월 5일 게재확정일: 2012년 5월 29일

의 표준이 된다(Shiraki, Konda, & Sagawa, 1986). 그러나 폐동맥체온은 폐동맥관이 삽입된 경우에만 측정할 수 있으므로, 임상현장에서 체온을 측정할 때에는 심부체온을 정확히 잘 반영하고 있는 부위에서 비침습적 방법으로 체온을 측정하는 것이 바람직하다.

비침습적 체온측정 방법으로 과거에는 유리수는 체온계나 전자식 체온계로 구강이나 액와에서 주로 체온측정을 해 왔으나 최근에는 신체에서 방출되는 적외선을 탐지하여 체온을 측정함으로써 체온측정 시간을 단축할 수 있는 적외선 체온계가 개발 및 보급됨에 따라 고막이나 이마가 체온측정 부위로 선택되는 빈도가 늘고 있다. 고막은 체온조절 중추인 시상하부와 같이 내경동맥을 통해 같은 혈류 공급을 받으므로 심부체온을 반영하나(Sohng et al., 2009; Shiraki et al., 1986; Lee & Jung, 1995) 고막체온계의 탐침이 고막에서 방출되는 적외선을 잘 탐지할 수 있도록 측정하지 않으면 측정자간 오차가 나타날 수 있으며, 탐침 덮개 없이 반복 사용 시에는 병원감염이 발생할 가능성이 있으며(Brooks et al., 1998), 장기간 옆으로 누워있는 체위를 취했을 시 양쪽 귀 속의 온도차가 나타날 수도 있다(Craig, Lancaster, Taylor, Williamson, & Smyth, 2002). 이마에서는 심장과 연결되어 있는 경동맥과 연결되어 있으면서도 피부표면 가까이 위치하고 있는 측두동맥의 정확한 체온을 측정할 수 있다. 이마체온은 체온계의 센서를 이마에서 귀 쪽으로 가볍게 훑는 방식으로 체온을 측정하도록 되어 있어 체온측정 시 아동의 경우에서 거부감이 적고 사용이 간편하며 측정시간이 짧고 수면 중에도 측정이 가능하며(Myny, De Waele, Defloor, Blot, & Colardyn, 2005), 별도의 덮개가 필요하지 않고 재측정 시 대기시간 없이 바로 사용할 수 있어 편리하다(Sohng et al.; Potter, Perry, & Stockert, 2010). 이마체온은 직장체온이나 고막체온보다 더 정확하고(Greenes & Fleisher, 2001), 아동의 발열상태를 잘 감별해 내며(Siberry, Diener-West, Schappell, & Karron, 2002), 구강체온보다 더 정확할 뿐 아니라 폐동맥은 물론 식도의 심부체온에 필적한다는 보고가 있다(Carroll, Finn, Judge, Gill, & Sawyer, 2004). 그러나 이마체온은 안정시의 체온은 잘 반영하지만 발열상태는 잘 감별해 내지 못한다는 상반된 연구 결과도 보고되고 있다(Kimberger, Cohen, Illievich, & Lenhardt, 2007; Kistemaker, Den Hartoq, & Daanen, 2006; Ronneberg, Roberts, McBean, & Center, 2008). Lawson 등(2007)은 성인 중환자의 폐동맥체온을 구강, 고막, 액와, 이마체온과 비교한 결과, 구강과 이마체온이 폐동맥체온을 가장 잘 반영한다고 하였으나 구강체온은 기관내관을 삽입하고 있거나 산소흡입을 받고 있는 등 대상자의 임상적 특성에 따라 영향을 받을 수 있으며, 이마체온은 발한과 같이 피부의 습기에 영향을 받는다(Sohng et al.).

구강체온은 정확한 표면체온 결과를 나타내며 심부체온의 변화도 빨리 반영하는 장점이 있으나, 의식이 명료하지 않거나 영아 및

아동, 협조가 잘 되지 않는 대상자에게는 사용할 수가 없을 뿐 아니라 음식섭취, 산소흡입, 구강수술 및 호흡근란 등의 조건에 의해 영향을 받을 수 있어 정확한 체온측정에 어려움이 있다. 이에 비해 액와와 신생아와 무의식환자에게도 적합한 체온 측정부위로 선택되고 있으며, 액와 부위의 분비물을 잘 제거하고 간호사에 의해 지속적인 체위유지가 잘 유지 되는 등의 적절한 절차를 잘 지켜서 측정하면 구강체온만큼 정확한 체온을 반영할 수 있다(Sohng et al., 2009). 또한 구강체온과 액와체온 측정 시 전통적으로 널리 사용되어 온 유리수는 체온계는 체온측정 시간이 길고 체온계가 파손되기 쉬우며 파손 시에는 수은이 방출되므로 최근에는 사용이 제한되고 있다. 근래에는 유리수는 체온계를 대신하여 측정시간이 짧고 수은 방출 위험이 없는 전자식 체온계가 체온측정에 흔히 사용되고 있어(Sohng et al.; Potter et al., 2010), 수은체온계 이용 시 구강과 액와체온 측정에 시간이 많이 소요된다는 단점을 보완할 수 있게 되었다.

체온은 정확하게 측정되어야 하므로 비침습적 체온 측정치는 체온의 평가기준(gold standard)인 폐동맥에서 측정된 심부체온과 비교하여 정확성과 발열감별 타당도를 확인하는 것이 매우 중요하다. 국외에서는 최근에 많이 활용되고 있는 고막체온과 이마체온을 심부체온과 비교한 연구가 다수 있었으나 일관성 있는 연구 결과를 제시하지는 않고 있다. 주로 신생아나 영아를 대상으로 측정된 것이 많았으며(Craig, Lancaster, Taylor, Williamson, & Smyth, 2002; Greenes & Fleisher, 2001), 성인을 대상으로 한 연구 결과는 체온상승 처치를 가한 실험상황에서 수행되었거나 표본수가 적었거나 대상자의 다양한 임상적 특성을 통제하지 않아 체온측정치의 편차가 심했거나 발열감별 타당도를 확인하지 않았다는 문제점이 있었다(Kimberger et al., 2007; Kistemaker et al., 2006; Lawson et al., 2007; Ronnerberg, Roberts, McBean, & Center, 2008). 따라서 선행연구 결과를 모든 성인 환자에게 적용할 수 있는지는 의문의 여지가 있다. 국내에서 최근에 수행된 연구 또한 주로 신생아나 아동을 대상으로 한 것이 대부분으로 성인을 대상으로 한 연구는 부족하였으며, 그나마 일부 수행된 연구도 심부체온의 기준 없이 체온측정치를 비교하거나 상관관계를 본 것이 대다수로(Koo et al., 2003; Koo & Son, 2005; Yoo & Jo, 2009) 심부체온 측정치와 일치도를 확인한 연구는 찾아볼 수 없었다. 뿐만 아니라 체온 측정치는 대상자의 임상적 특성, 측정 기구와 환경적 요인, 그리고 측정자의 측정 방법에 따라 영향을 받으므로(Sohng et al., 2009) 정확한 체온 측정을 위해서는 체온측정에 영향을 주는 요인들을 최대한 통제한 다음에 측정하여야 한다.

이에 본 연구자들은 정확한 체온측정을 위해 심장수술 후 폐동맥관을 삽입 받고 있는 성인을 대상으로 폐동맥체온을 측정하여 정확도가 검증된 체온계로 측정자간 오차없이 한명의 측정자가 이

마, 고막, 액와의 체온을 측정하여 비침습적 체온 측정치 중 어떤 측정치가 심부체온을 가장 잘 반영하고 있는지를 확인하고자 하였다. 또한 발열환자에게 측정된 각 측정 부위별 체온 측정치가 발열 상태를 타당성 있게 감별하는지를 확인함으로써 체온이 안정된 상태의 환자 뿐 아니라 발열환자의 체온을 정확하게 측정할 수 있는 체온측정 방법이 어떤 것 인지를 밝힘으로써 근거에 기반을 둔 임상 간호실무지침을 마련하고자 하였다.

2. 연구 목적

본 연구의 구체적 목적은 다음과 같다.

첫째, 폐동맥, 이마, 고막, 액와체온을 측정하여 각 부위별 체온 측정치를 비교하고, 각 측정치 간의 상관관계를 파악한다.

둘째, 폐동맥체온과 비교하여 이마, 고막, 액와체온의 정확도, 정밀도, 신뢰구간을 확인하고, 임상적으로 의미 있는 수준($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)을 벗어나는 측정치의 비율을 확인한다.

셋째, 각 측정부위별로 체온의 반복 측정(검사-재검사 방법)을 통해 나타날 수 있는 오차를 확인한다.

넷째, 각 측정부위별 체온이 발열상태를 타당성 있게 감별하는지 확인한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 폐동맥체온과 이마, 고막, 액와체온을 측정하여 비교함으로써 적절한 체온측정방법을 확인하고 체온측정 시 정확한 근거를 제공하여 이를 활용하도록 하기 위한 전향적 서술적 조사 연구이다.

2. 연구 대상

본 연구는 2009년 11월부터 2010년 11월까지 서울 소재 C대학병원에서 개심술을 받은 18세 이상의 성인을 대상으로 폐동맥관을 가지고 있어 모니터(Edwards Lifesciences, Irvine, USA)로 폐동맥의 온도측정이 가능했던 자를 대상으로 하였다. 고막질환이나 뇌혈관 질환이 있어 체온측정에 영향을 줄 수 있는 경우나 수술 후 급성 합병증이 있는 자는 제외하였으며, 약물사용으로 인한 영향을 줄이기 위해 동일한 의사에 의해 수술 받은 자를 대상으로 하였다. 본 연구대상자는 83명이었는데, 이는 G*Power 3.0 통계프로그램을 이용하여 상관분석에서 효과크기 중정도(0.3), 유의수준 0.05, 검정력 0.8

로 하였을 때 산출된 표본크기 82명에 근거하였다.

3. 자료 수집 방법 및 연구 도구

C대학 기관윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB No.: CUMC09U078)의 심의를 받은 다음, 대상자 선정 조건에 부합하는 대상자의 명단을 확인하고 주치의 및 심장계중환자실 관련자의 허락을 받은 후 연구보조원이 대상자에게 연구목적을 설명하고 동의를 얻은 다음에 체온(폐동맥, 이마, 고막, 액와)을 측정하였다. 대상자들은 모두 수술 후 12시간 이내의 급성기 환자들로, 상태가 안정적인 사람에서부터 안정적이지 않거나 응급 상황이었던 경우가 있었다. 자료 수집 기간 동안 동일한 의사에 의해 수술 받은 자는 107명이었으나, 폐동맥 체온 측정 모니터가 한 대 뿐이어서 하루에 두 명을 수술하여도 한 명의 체온만 측정을 할 수가 있었으며, 자료 수집 시 대상자 상태가 안정적이지 못해서 주치의로부터 접근제한을 요청받은 경우, 억제대를 사용하고 있어 액와체온 측정이 어려웠던 경우 등 다양한 임상 상황 하에서 폐동맥, 이마, 고막, 액와체온 모두를 측정할 수 있었던 83명을 대상으로 자료를 수집하였다. 체온 측정은 통상적 간호의 일부로 기관윤리심의위원회에서는 본 연구를 최소한의 위험 이내의 연구로 간주하여 서면 동의 면제 심의를 하였기 때문에, 대상자에게는 정확한 체온 측정 방법을 밝히기 위한 연구임을 밝힌 다음 서면 동의 대신 구두 동의를 받고 체온을 측정하였다.

1) 체온계의 정확도 평가

본 연구에서 사용한 체온계는 이마체온계(Cheomi Multi BT-051, (주)이지템, 대한민국) 4개, 고막체온계(Thermo Scan IRT 4520, Braun, Germany) 6개, 전자체온계(Thermoval classic ELCON, IT101 AGLL, USA) 6개로, 한국기기유회사시험원의 전자식 검정기(Electronic Calibrator Model 3000A-CL, Intelligent Medical System)를 이용하여 35-39°C에서 오차 범위 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, 그 이외의 범위에서 오차 범위 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 로 정확도 검증을 받아 사용하였다. 검증받은 체온계를 종류별로 하나씩 정해서 사용하면서 자료 수집 기간 동안 매달 검증 후 사용하지 않던 다른 체온계와 비교하여 측정오차가 0.1°C 이상이면 체온계를 바꾸어서 사용하였다. 본 연구에서 사용한 체온계의 정확도는 선행연구(Lawson et al., 2007)와 동일하게 35-39°C에서 오차 0.2°C 범위 내로 하였다.

2) 체온측정 방법

측정자의 오차를 최소화하기 위해 연구보조원으로 간호학과 4학년 학생 1명을 훈련하여 측정하게 함으로써 체온측정에 측정자

간 오차가 생기지 않도록 하였다. 자료 수집에 앞서 연구자가 연구 보조원에게 건강한 성인을 대상으로 체온측정 방법을 각 측정방법 별로 20회씩 훈련하여 숙련도를 높였으며, 자료 수집 초기에는 연구자와 연구보조원이 중환자실 연구대상자(5명)의 체온을 함께 측정하여 확인하는 등 연구보조원이 정확하고 일관성 있게 체온을 측정할 수 있도록 하였다. 먼저 모니터에서 폐동맥체온을 측정하는 다음, 동일한 쪽의 신체부위에서 이마, 고막, 액와체온을 측정하되 측정 순서와 측정 부위는 랜덤으로 하였고, 네 부위를 20분 간격으로 세 시점에 측정하되 동일 시점에는 동일 부위를 2회 측정하여 평균치를 채택하였다. 네 군데 측정부위를 세 차례에 걸쳐 두 번씩 측정하였으므로 한사람에게 총 24회의 체온을 측정하였다. 단, 대상자가 똑바로 누워있지 않고 고개를 옆으로 돌리고 있거나 옆으로 누워있는 경우에는 침대 바닥에서 먼 쪽의 귀, 이마, 액와에서 측정하였다. 심장계중환자실의 실내 환경은 연중 22-24°C, 50-60%로 항온항습이 유지되고 있었다.

(1) 폐동맥체온

폐동맥관(Thermodilution Catheter, Baxter Health Care, Irvine, USA)이 제 위치에 있는지 확인한 다음 모니터(Edwards Lifesciences, Irvine, USA)를 이용하여 숫자로 표시된 체온 측정치를 확인하였다(Lawson et al., 2007). 폐동맥체온 측정 기구의 정확도는 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ 이었다. 체온측정 단위는 $^\circ\text{C}$ 로 하여 소수 첫째자리까지 측정하였다.

(2) 이마체온

대상자의 이마부위에 땀이 있는 경우는 거즈로 땀을 가볍게 두드려 땀을 제거한 다음 대상자를 향해서 선 다음에 이마체온계를 이마의 정중앙에 대고 스위치를 엄지손가락으로 누른 다음 측정자가 측두동맥 방향(귀 방향)으로 가볍게 선을 그리듯이 훑어 알람소리와 함께 체온결과가 나타도록 측정하였다(Lawson et al., 2007). 측정단위는 $^\circ\text{C}$ 로 소수 첫째자리까지 측정하였다.

(3) 고막체온

고막체온계는 탐침부위에 1회용 보호덮개를 꼭 맞게 장착한 다음 대상자의 머리를 옆으로 돌린 후 외이도가 일직선이 되도록 귀를 후상방으로 잡아당겨 탐침부분이 고막을 향하도록 삽입하여 완전 밀착시킨 후 scan button을 누른 후에 '삐'소리가 울리고 난 다음에 측정하였다(Sohng et al., 2009). 측정 단위는 $^\circ\text{C}$ 로 소수 첫째자리까지 측정하였다.

(4) 액와체온

액와 부위에 땀이 있는 경우 거즈로 가볍게 두드려 땀을 제거한

후 팔을 벌려 액와의 중앙부분에 전자체온계를 삽입하여 삽입 후부터 최고온도에 도달하였음을 알리는 신호음이 날 때까지 기다린 다음에 측정하였다(Sohng et al., 2009). 측정 단위는 $^\circ\text{C}$ 로 소수 첫째자리까지 측정하였다.

4. 자료 분석 방법

수집한 자료는 SPSS (version 19.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 일반적 특성 및 측정 부위별 체온은 실수와 백분율, 평균과 표준편차로 분석하였으며, Pearson 상관계수를 이용하여 각 부위별 체온측정치의 상관관계를 구하였다. 세 시점별로 측정된 폐동맥체온과 이마, 고막, 액와체온의 평균의 차이를 Bland-Altman plot을 이용하여 분석하였다(Bland & Altman, 1986). Lawson 등(2007)의 정의에 따라 폐동맥 체온과 각 부위별 체온의 차이값의 평균을 정확도(accuracy)로, 표준편차를 정밀도(precision)로 보고 이 수치가 작을수록 정확도와 정밀도가 높은 것으로 간주하였으며, 신뢰구간은 차이값 평균 ± 1.96 SD로 하였다. 폐동맥체온과 이마, 고막, 액와체온 측정치의 평균의 차이가 0.5°C 이상이면 임상적으로 의미 있는 차이로 간주하여(Cattaneo et al., 2000; Giuliano et al., 2000) 실수와 백분율로 분석하였다. 검사-재검사 신뢰도를 확인하기 위해 Pearson 상관계수를 구한 다음 Paired t-test 분석을 하였으며, 체온 측정 부위에 따른 발열감별 타당도는 폐동맥체온 37.6°C 를 기준으로 발열군과 비발열군으로 분류한 다음 민감도, 특이도, 양성예측도 및 음성예측도를 다음과 같이 구하였다(Kenney, Fortenberry, Surratt, Ribbeck, & Tomas, 1990).

민감도 = 진성 발열/진성 발열 + 가성 비발열

특이도 = 진성 비발열/진성 비발열 + 가성 발열

양성 예측도 = 진성 발열/진성 발열 + 가성 발열

음성 예측도 = 진성 비발열/진성 비발열 + 가성 비발열

연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자는 총 83명으로 여자가 29명(34.90%), 남자 54명(65.10%)이었다. 평균 연령은 64.15 ± 10.50 세였으며, 대상자의 체질량 지수(Body mass Index, 이하 BMI)는 평균 $24.46 \pm 2.78 \text{ Kg/m}^2$ 이었고 $17.63 - 33.35 \text{ Kg/m}^2$ 의 범위에 있었다. 비만도는 BMI를 기준으로 저체중군은 BMI가 18.5 Kg/m^2 미만, 정상체중군은 18.5 Kg/m^2 이상 23.0 Kg/m^2 미만, 과체중군은 23.0 Kg/m^2 이상 25.0 Kg/m^2 미만, 비만군은 25.0 Kg/m^2 이상으로 하였다(Korean Society for the Study of Obesity,

2006). 대상자는 저체중군 1명, 정상체중군 25명, 과체중군 23명, 비만군 34명으로 과체중 이상이 68%를 차지하고 있었다. 모두 심혈관계 질환으로 관상동맥 우회술(coronary artery bypass graft), 판막치환술(valve replacement), 개심술(open heart surgery) 등의 수술을 받았으며 본 연구와 상관없이 수술 후 치료과정의 일환으로 폐동맥관을 부착하고 있었다. 대상자는 관상동맥 우회술을 받은 경우가 43명(51.80%)으로 가장 많았고, 판막치환술은 20명(24.10%), 기타 질환으로 인한 개심술을 받은 대상자는 20명(24.10%)이었다. 기타 질환에는 심내막염, 심실중격결손, 심장 내 지지 구조물들의 장애 등이 있었다. 대상자에게 투여된 약물은 심혈관계 약물(Dopamine, Epinephrine, Vasopressin 등), 항생제, 진해거담제, 진통제 등으로 모든 대상자가 동일한 주치의 처방 하에 거의 유사한 약물을 투여 받고 있었다.

2. 체온 측정치

1) 측정 부위별 체온 측정치 및 상관관계

심부체온인 폐동맥체온의 평균은 $37.04 \pm 0.70^\circ\text{C}$ 이었으며, 이마체온의 평균은 $35.73 \pm 0.74^\circ\text{C}$, 고막체온의 평균은 $36.83 \pm 0.70^\circ\text{C}$, 액와체온의 평균은 $36.07 \pm 0.87^\circ\text{C}$ 이었다. 심부체온과 이마체온의 차이는 $-1.31 \pm 0.75^\circ\text{C}$, 고막체온과의 차이는 $-0.20 \pm 0.24^\circ\text{C}$, 액와체온과의 차이는 $-0.97 \pm 0.64^\circ\text{C}$ 로 폐동맥체온과 고막체온의 차이가 가장 적었다(Table 1).

폐동맥체온과 비침습적 다른 부위별 체온은 유의한 상관관계가

있었는데, 폐동맥체온은 고막체온($r = .94, p < .001$) 및 액와체온($r = .69, p < .001$)과, 고막체온은 액와체온($r = .66, p < .001$)과 강한 양의 상관관계가 있었고, 이마체온은 심부체온($r = .46, p < .001$) 및 고막체온($r = .53, p < .001$)과 중간 정도의 양의 상관관계가 있었다(Table 2).

폐동맥체온과 비침습적 체온측정치들이 서로 비슷한, 즉 재현성을 가지고 있는지 알기 위해 이마체온, 고막체온, 액와체온 측정치와 폐동맥체온 측정치의 차이를 체계적 오차(systematic error) 또는 편중(bias)이라 보고 Bland-Altman plot을 이용하여 검토해 본 결과(Figure 1), 이마체온(Figure 1-A), 액와체온(Figure 1-B), 고막체온(Figure 1-C)의 세 가지 측정치들 중 고막체온의 측정치가 다른 측정치에 비해 평균 차이값을 중심으로 ± 1.96 배의 SD값의 범위 내에 많이 분포하고 있는 점으로 보아 고막체온 측정치가 폐동맥 측정치와 비교적 유사하다는 것을 알 수 있었으며, 점으로 표시된 측정치들이 평균값 크기에 따라 특정 양상을 보이지 않으므로 두 측정방법 간의 차이는 순수하게 체계적 오차에 의한 것이라 할 수 있다.

2) 체온 측정치의 정확도, 정밀도, 신뢰구간

이마체온의 정확도는 -1.3°C , 정밀도는 0.75°C , 신뢰구간은 -2.8°C 에서 0.2°C 로, 이마체온은 세 가지 비침습적 체온측정방법 중 가장 정확하지 않은 측정방법이었다. 폐동맥체온과 비교했을 때 249회의 체온측정치 중 90.4%인 225회의 측정치가 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 를 벗어나 있어 대부분의 측정치가 임상적으로 의미 있는 범위인 폐동맥체온 측정치의 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 범위 바깥에 있었다(Figure 1-A). 액와체온의 정확도는 0.97°C , 정밀도는 0.64°C , 신뢰구간은 -2.22°C 에서 0.29°C 였으며, 249

Table 1. Comparison of Pulmonary Artery, Temporal Artery, Tympanic Membrane and Axillary Temperatures* (N=83)

Temperatures	M \pm SD ($^\circ\text{C}$)	Minimum	Maximum
Pulmonary artery temperature	37.04 \pm 0.70	34.6	38.5
Temporal artery temperature	35.73 \pm 0.74	33.0	37.0
Tympanic membrane temperature	36.83 \pm 0.70	34.4	38.4
Axillary temperature	36.07 \pm 0.87	32.8	37.8
TA - PA	-1.31 \pm 0.75	-4.90	-0.19
TM - PA	-0.20 \pm 0.24	-1.60	0.35
AT - PA	-0.97 \pm 0.64	-2.90	1.55

PA = Pulmonary artery temperature; TA = Temporal artery temperature; TM = Tympanic membrane temperature; AT = Axillary temperature.

*Total of 249 measurements per site.

Table 2. Matrix of Pearson Correlation Coefficients among Pulmonary Artery, Temporal Artery, Tympanic Membrane and Axillary Temperatures* (N=83)

Variables	Temporal artery	Tympanic membrane	Axillary
	r (p)	r (p)	r (p)
Pulmonary artery temperature	.46 (< .001)	.94 (< .001)	.69 (< .001)
Temporal artery temperature		.53 (< .001)	.39 (< .001)
Tympanic membrane temperature			.66 (< .001)

*Total of 249 measurements per site.

회의 체온측정치 중 80.3%인 200회의 측정치가 폐동맥체온 측정치보다 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 범위를 벗어나 있었다(Figure 1-B).

고막체온의 정확도는 -0.20°C , 정밀도는 0.24°C , 신뢰구간은 -0.68°C 에서 0.27°C 로, 249회의 체온측정치의 8.6%인 21회의 측정치만이 폐동맥체온측정치의 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 범위를 벗어나 있었고, 91.6%인 228회의 측정치는 범위 안에 있어 고막체온은 세 가지 비침습적 측정방법 중 가장 정확하고 신뢰할 수 있는 체온측정방법임을 알 수 있었다(Figure 1-C).

3. 체온측정 시점별과 부위별 검사-재검사 신뢰도

각 시점별과 부위별 검사-재검사 신뢰도를 확인한 결과, 폐동맥체온에서 반복 측정치의 상관관계가 가장 높았다($r = 0.99-1.00$, $p < .001$). 이마체온과 고막체온은 첫 측정치와 반복 측정치는 세 시

점별로 차이가 없었으나 액와체온은 기저수준(baseline) 측정시점($t = -3.27, p = .002$)과 40분 후 측정시점($t = -2.43, p = .017$)에서 첫 측정치와 반복측정치 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나 각 시점별 부위별 검사-재검사 신뢰도는 모두 높았다($r = 0.98-1.00$, $p < .001$) (Table 3).

4. 발열감별 타당도

심부체온 37.6°C 를 기준으로 하여 발열군과 비발열군으로 나누어 발열감별타당도를 본 결과(Table 4), 이마체온은 민감도가 0, 특이도가 1.00이었고, 양성예측도는 측정할 수 없었고 음성예측도는 0.78이었다. 고막체온은 민감도가 0.76, 특이도와 양성예측도가 1.00, 음성예측도가 0.90으로 높았다. 액와체온은 민감도가 0.13으로 낮았고, 특이도와 양성예측도는 1.00이었으며, 음성예측도는 0.80이었다.

논 의

체온측정의 최종 목표는 인체 내부의 온도 즉 심부체온을 정확하게 측정하는 것인데 우리가 흔히 비침습적 방법으로 측정하는 체온은 다양한 요인에 의해 영향을 받는 표면체온이다. 따라서 심부체온을 잘 반영하는 체온측정 방법을 확인하기 위한 연구가 수행되어 왔으며, 최근 들어 측정시간이 짧고 사용이 편리한 적외선 체온계가 일반화되면서 체온측정의 신뢰도 확보가 매우 중요한 문제로 부각되고 있다(Park & Park, 2007). 의료 환경이 급격한 변화를 보이고 있음을 고려할 때 임상연구는 연구 결과를 즉시 활용할 수 있어야 하며, 이를 위해 본 연구에서는 임상에서 흔히 사용되고 있는 적외선 체온계로 고막체온과 이마체온을 측정하고 전자식체온계로 액와체온을 측정한 다음, 이를 체온의 가장 정확한 지표인 폐동맥체온과 비교하여 정확도를 측정하여 각 체온측정방법의 정확도, 정밀도를 확인하였다. 정확한 체온측정을 위해 체온에 영향을 주는 다양한 요인들을 통제하기 위해 항온항습 기능이 있는 심장계 중환자실에서 자료 수집을 하였다. 또한 대상자를 동일한 의사에 의해 수술을 받고 본 연구와 상관없이 치료 목적으로 폐동맥관을 삽입 받은 성인으로 사용되는 약물이 거의 비슷한 자로 하여 대상자의 임상적 특성으로 인한 차이를 통제하고자 하였으며, 측정 오차를 최소화하기 위해 훈련된 측정자 한 명이 체온을 측정하도록 하였다. 따라서 본 연구 결과는 국내에서 수행된 선행연구 뿐 아니라 국외에서 수행된 연구와 비교했을 때 연구 결과의 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

체온측정을 보고한 많은 선행연구에서 빠짐없이 측정한 체온이 바로 구강체온이다. 그러나 본 연구에서는 비침습적 체온측정방법

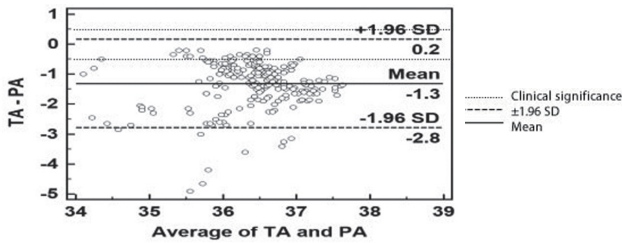


Figure 1-A. Difference between pulmonary artery and temporal artery temperature.

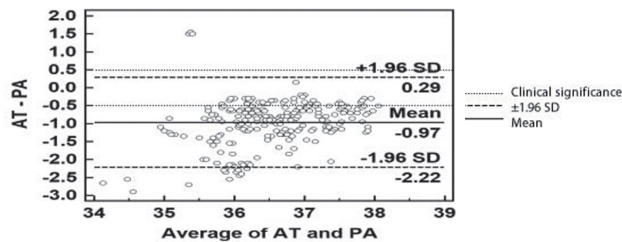


Figure 1-B. Difference between pulmonary artery and axillary temperature.

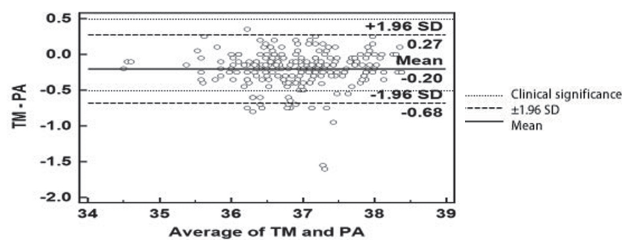


Figure 1-C. Difference between pulmonary artery and tympanic membrane temperature.

PA=Pulmonary artery temperature; TA=Temporal artery temperature; TM=Tympanic membrane temperature; AT=Axillary temperature.

Figure 1. Bland-Altman plots comparing the difference between pulmonary temperature and temperature measurements from other methods.

Table 3. Variation in Repeated Measurement by Site*

Variables	Categories	Test (n = 83)	Retest (n = 83)	t	p
		M ± SD	M ± SD		
Pulmonary artery temperature	Initial	37.01 ± 0.68	37.00 ± 0.69	1.00	.320
	20 minutes	37.04 ± 0.69	37.04 ± 0.69	-0.23	.818
	40 minutes	37.07 ± 0.72	37.06 ± 0.73	0.20	.840
Temporal artery temperature	Initial	35.74 ± 0.77	35.76 ± 0.78	-1.16	.251
	20 minutes	35.70 ± 0.76	35.72 ± 0.78	-0.87	.389
	40 minutes	35.73 ± 0.70	35.73 ± 0.71	-0.43	.670
Tympanic membrane temperature	Initial	36.81 ± 0.69	36.83 ± 0.67	-1.59	.116
	20 minutes	36.83 ± 0.73	36.82 ± 0.72	0.70	.484
	40 minutes	36.84 ± 0.73	36.87 ± 0.71	-1.87	.066
Axillary temperature	Initial	35.99 ± 0.91	36.06 ± 0.86	-3.27	.002
	20 minutes	36.08 ± 0.86	36.10 ± 0.87	-1.02	.310
	40 minutes	36.09 ± 0.87	36.12 ± 0.89	-2.43	.017

*Total of 249 measurements per site.

Table 4. Validity of Temporal Artery, Tympanic and Axillary Temperatures to Predict Fever as Compared with Pulmonary Artery Temperature* (N = 83)

Variables	Categories	Pulmonary artery temperature			Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
		< 37.6	≥ 37.6	Total				
Temporal artery temperature	< 37.6	193	55	248	0.00	1.00	1.00	0.78
	≥ 37.6	0	0	0				
Tympanic membrane temperature	< 37.6	193	13	206	0.76	1.00	1.00	0.94
	≥ 37.6	0	42	42				
Axillary temperature	< 37.6	193	48	241	0.13	1.00	1.00	0.80
	≥ 37.6	0	7	7				
Total		193	55	248				

PPV = Positive predictive value; NPV = Negative predictive value.

*Total of 249 measurements per site.

중 매우 흔히 사용되는 구강체온을 제외하였다. 그 이유는 본 연구 대상자들을 개심술 후 12시간 정도 경과한 환자들로 하였기 때문에 대부분 산소캐놀라로 산소공급을 받고 있었기 때문이다. 일반적으로 기관내관을 삽입 받거나 산소흡입을 받고 있으면 구강체온 측정치에 영향을 받게 되는 것으로 알려져 있다(Sohng et al., 2009).

본 연구에서는 고막체온이 심부체온을 가장 잘 반영하는 것으로 나타났는데($r = .94, p < .001$), 고막체온은 심부체온보다 평균 $-0.20 \pm 0.24^\circ\text{C}$ 낮은 것으로 나타났다. 이는 Yoo와 Jo (2009)의 최근 연구 결과에서와 마찬가지로 고막체온은 액외체온 보다 빠른 시간 내에 정확하게 측정할 수 있는 체온측정 부위임을 확인할 수 있었다. 폐동맥체온과 이마, 고막, 액외체온 측정치의 차이를 Bland-Altman plot으로 검토한 결과는 추후 측정방법(기기) 보정(calibration) 시 이용할 수 있다. 즉, 폐동맥체온 측정법이 정확한 측정법이라면, 고막체온 측정법은 측정된 값에 0.20을 더한 값을 사용하면 되는 것이다. 그러나 고막체온은 이도와 고막에서 방출되는 적외선 에너지를 감지하여 측정하는데 쉽고 빠르게 측정 가능하다는 장점이 있으나, 부정확한 기술이 정확도와 신뢰도에 영향을 미칠 수 있다(Lawson et al., 2007). 선행연구들에서도 고막체온의 정확성에 일관

성이 없었던 원인을 측정자의 차이로 지적한 바 있다(Koo et al., 2003; Lawson et al.; Yoo & Jo, 2009). 즉 고막체온은 측정자의 숙련된 기술이 요구되는 체온측정 방법인 것이다. 그러므로 고막체온 측정 시 외이도가 곧게 펴지도록 성인의 경우는 귓바퀴를 후상방으로 잡아당긴 다음 탐침 부위가 귓속에 완전히 밀착되도록 하여 측정 하도록 훈련하고, 고막체온에 영향을 미칠 수 있는 외부 온도, 귀지, 체위 등의 요인을 고려하여 고막체온을 측정한다면 고막체온은 심부체온을 정확히 반영하는 비침습적 지표로 상호교환적으로 사용할 수 있을 것이라고 본다(Sohng et al., 2009).

본 연구에서 선행연구 결과와 가장 큰 차이를 보인 체온측정치는 이마체온이었다. 본 연구에서 이마체온은 심부체온보다 $-1.31 \pm 0.75^\circ\text{C}$ 낮게 측정되어 비침습적 체온측정치 중 가장 차이가 컸는데, 이는 이마체온이 심부체온을 잘 반영한다는 Lawson 등(2007)의 연구 결과와 상반되었다. Koo 등(2003)의 연구에서도 이마체온은 반복측정 시 차이가 작고 직장체온을 잘 반영한다고 하였으나, 본 연구에서는 이마체온은 다른 체온측정치에 비해 상관관계도 가장 낮았으며($r = .46, p < .001$) 폐동맥체온과의 차이도 가장 컸다. 본 연구 결과와 선행연구 결과의 차이는 연구대상자, 체온계의 제조사와 체

온 측정방법의 차이가 영향을 주었을 가능성이 있다고 본다. Koo 등은 이마체온을 신생아를 대상으로 이마에서 3cm 가량 간격을 두고 적외선 beam을 쏘아 측정한 반면 본 연구에서는 이마체온계를 이마의 정중앙에서 측두동맥 방향(귀 방향)으로 가법계 선을 그리듯이 훑어서 측정하는 등 측정방법에서의 차이가 결과의 차이에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 또 Carroll 등(2004)은 이마체온 측정시 이마와 귀 뒤쪽을 포함하여 훑어서 측정하는 것이 이마에서만 측정하는 것보다 정확도와 정밀도가 높다고 하였다. Lawson 등도 Carroll 등과 같은 방법으로 이마체온을 측정하였다. 그러나 본 연구에서는 제조사의 체온계의 사용설명서에 제시된 대로 이마체온을 측정하였기 때문에 선행연구에 비해 이마체온측정 시 스캔범위가 더 좁았으나 이것이 체온이 낮게 측정된 이유인지는 향후 검토되어야 할 부분이라고 본다. 체온계에 따른 연구 결과의 차이도 고려해 볼 부분이다. 본 연구에서도 가능하면 선행연구와의 차이를 줄이기 위해, 동일한 제품을 해외에서 5개를 구입하여 검정 의뢰하였으나 정확도가 검정 의뢰기관(한국기기유화시험원)의 검정기준을 통과하지 못하였을 뿐 아니라 동일한 해외 제품에 대한 더 이상의 검정이 어렵다는 답변을 받아 부득이하게 국내에서 생산된 체온계를 사용하게 되었다.

비교적 관류가 안정적인 측두동맥에서 측정한 이마체온은 고막체온과 마찬가지로 쉽고 빠르게 측정이 가능하며, 특히 이마체온 측정은 신생아들에게 교차감염의 위험성을 줄이고 환아의 안정이 필요하지 않아 측정자 간의 오차도 적다는 장점이 있다(Lawson et al., 2007; Koo et al., 2003). 그러나 발한, 피부의 유분, 측정 범위에 영향을 받을 수 있으며, 본 연구에서는 대부분 수술 후 12시간 이내에 있는 환자를 대상으로 때문에 이마에 땀이 있을 경우 거즈로 가볍게 닦아주어 이를 제거한 다음 체온을 측정하였다. Suleman, Doufas, Akca, Ducharme과 Sessler (2002)는 아동에 비해 성인에서 이마체온이 정확하게 측정되지 않는 이유는 성인의 경우 아동에 비해 측두동맥을 덮고 있는 피부의 두께가 더 두껍고 동맥의 경화성 변화와 관련이 있다고 하였는데 이는 성인을 대상으로 한 본 연구 결과에도 영향을 미쳤을 수 있다. Marable, Shaffer, Dizon과 Opalek (2009)은 비만한 외상환자의 이마체온을 구강체온과 비교한 결과 비만하지 않은 환자에 비해 이마체온이 더 낮게 측정되었다고 하였다. 본 연구에서도 대상자가 저체중군 1명, 정상체중군 25명, 과체중군 23명, 비만군 34명으로 과체중 이상이 68%를 차지했음을 고려해볼 때 비만이 하나의 원인이 될 수도 있을 것이라 예상된다. 그러나 비만으로 인한 이마와 액와 부위의 피하지방두께가 체온에 영향을 주는지 확인하기 위해 저체중과 정상체중군 및 과체중과 비만군으로 나누어 두 군 간의 체온측정치 값을 분석하였으나, 비만도와 체온측정치 간에 유의한 차이는 없었다. 표면체온은 환경

의 온도나 공기 흐름의 영향을 쉽게 받을 수 있기 때문에(Sohng et al., 2009), 본 연구에서 심장계 중환자실의 항온습습기능이 천정에서 내려오는 공기로 조절되고 있기 때문에 대상자의 위치에 따라 천정에서 내려오는 공기의 흐름으로 인한 환경적 영향을 완전히 배제하지 못했을 가능성이 있었다고 사료되며, 이는 본 연구의 제한점으로 볼 수 있겠다.

반복 측정치 간의 신뢰도는 각 측정부위별로 모두 높았으나 시점별, 측정 부위별 차이가 있는지 분석한 결과, 이마체온과 고막체온은 반복 측정치 간에 유의한 차이가 없었으나, 액와체온은 반복 측정치 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 액와체온 측정치가 고막이나 이마체온 측정치에 비해 안정적이지 않을 수 있음을 시사하였다. 액와체온은 다른 체온 측정치에 비해 낮게 측정되며, 측정에 시간이 더 오래 걸리고, 체온변화가 빠르게 나타날 때 심부체온을 잘 반영하지 못하므로, 측정 시에는 측정이 끝날 때 까지 액와에서 체온계가 빠지지 않도록 자세를 잘 유지하도록 유의해야 한다(Sohng et al., 2009; Yoo & Jo, 2009). 본 연구에서 액와체온이 첫 측정 시점과 40분 경과 시점에서 반복 측정치 간에 유의한 차이가 나타났는데 이는 액와체온 측정치가 안정적이지 못하다는 점 외에도 본 연구에서 액와체온 측정 시 체온계가 액와 부위에 잘 위치하고 있도록 대상자의 자세를 잘 유지하지 못했을 가능성 또한 배제할 수 없다고 본다. 그리고 선행연구에서는 액와체온을 모두 다 유리 수은체온계를 사용하였는데, 본 연구에서는 전자체온계를 사용하였다. 본 연구에서 전자체온계로 액와체온을 측정한 가장 큰 이유는 유리 수은체온계가 파손 시 수은 누출위험 때문에 환경오염 물질로 간주되어 최근에는 임상에서 거의 사용되지 않고 있기 때문이었다(Potter, Perry, & Stockert, 2010).

심부체온 37.6°C를 기준으로 발열감별타당도를 본 결과 고막체온의 민감도는 0.76, 특이도와 양성예측도는 1.00, 음성예측도가 0.90으로 높았는데 이는 Hwang과 Sohng (1997)의 연구에서 고막체온의 민감도가 0.87, 특이도와 양성예측도가 1.00, 음성예측도가 0.96이었던 결과와 유사한 결과였다. 그러나 본 연구 대상자 중 실제로 열이 있는 대상자의 수가 적었고 연구기간도 폐동맥관을 부착하고 있는 기간으로 한정되었기 때문에 발열감별타당도와 관련된 연구는 향후 반복연구가 필요하다고 본다.

정확한 체온측정 부위, 체온측정 방법을 확인하기 위한 목적만으로 대상자에게 침습적 체온측정을 시도하기는 어렵다. 본 연구는 연구와 상관없이 치료적 목적으로 폐동맥관이 삽입된 대상자를 선정하여 정확한 심부체온을 측정하여 그 값을 다른 비침습적 방법으로 측정한 체온들과 비교하였다. 체온이 측정된 중환자실의 외부 환경(온도와 습도), 측정자의 숙련도, 측정 기구의 차이가 있을 수는 있겠지만, 위의 결과들을 종합해볼 때 고막체온은 심부체온

을 가장 잘 반영하는 것으로 볼 수 있다. 본 연구는 일개 대학병원 중환자실에 입원한 83명을 대상으로 한 연구이므로, 보다 다양한 특성을 가진 대상자로 그 수와 기간을 확대하여 반복 연구를 할 필요가 있다. 또한 본 연구의 대상자에게 측정하기에는 적합하지 않아 시도하지 못했던 구강체온을 대상을 달리 하여 다른 체온측정 방법들과 함께 측정하여 비교할 필요도 있을 것으로 사료된다. 또한 연구대상을 열이 있는 자로 확대하여 고막체온의 정확도와 발열감별 타당도를 확인하기 위한 후속연구가 필요할 것이라고 본다.

결론

심부체온인 폐동맥체온을 다른 세 가지 비침습적 체온과 비교한 결과, 총 249회의 체온측정치 중 이마체온 측정치는 9.6%(24회), 액와체온은 19.7%(49회), 고막체온은 91.6%(228회)가 폐동맥체온 측정치의 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 범위 내에 있었으며, 고막체온이 폐동맥체온과 상관관계가 가장 높게 나타났다. 즉 액와, 이마, 고막체온 중 고막체온이 심부체온인 폐동맥체온을 가장 잘 반영함을 알 수 있었다. 본 연구 결과가 간편하고 신속하면서도 정확한 체온측정방법을 결정하는데 필요한 임상근거로 활용되어, 체온을 정확하게 측정함으로써 대상자 간호에 많은 도움이 되기를 기대한다.

REFERENCES

- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 8, 307-310.
- Brooks, S., Khan, A., Stoica, D., Griffith, J., Friedeman, L., Mukherji, R., et al. (1998). Reduction in vancomycin-resistant *Enterococcus* and *Clostridium difficile* infections following change to tympanic thermometers. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 19, 333-336. <http://dx.doi.org/10.1086/647824>
- Carroll, D., Finn, C., Judge, B., Gill, S., & Sawyer, J. (2004). A comparison of measurements from a temporal artery thermometer and a pulmonary artery catheter thermistor. *American Journal of Critical Care*, 13, 258.
- Cattaneo, C. G., Frank, S. M., Hesel, T. W., El-Rahmany, H. K., Kim, L. J., & Tran, K. M. (2000). The accuracy and precision of body temperature monitoring methods during regional and general anesthesia. *Anesthesia and Analgesia*, 90, 938-945. <http://dx.doi.org/10.1097/0000539-200004000-00030>
- Craig, J. V., Lancaster, G. A., Taylor, S., Williamson, P. R., & Smyth, R. L. (2002). Infrared ear thermometry compared with rectal thermometry in children: A systematic review. *Lancet*, 360, 603-609. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)09783-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(02)09783-0)
- Giuliano, K. K., Giuliano, A. J., Scott, S. S., MacLachlan, E., Pysznik, E., Elliot, S., et al. (2000). Temperature measurement in critically ill adults: A comparison of tympanic and oral methods. *American Journal of Critical Care*, 9, 254-261.
- Greenes, D. S., & Fleisher, G. R. (2001). Accuracy of a noninvasive temporal artery thermometer for use in infants. *Archives Pediatrics & Adolescent Medicine*, 155, 376-381.
- Hwang, J. S., & Sohng, K. Y. (1997). Comparison of rectal temperature with axillary and tympanic temperature. *Journal of Korean Academy of Fundamentals of Nursing*, 4, 351-358.
- Kenney, R. D., Fortenberry, J. D., Surratt, S. S., Ribbeck, B. M., & Thomas, W. J. (1990). Evaluation of an infrared tympanic membrane thermometer in pediatric patients. *Pediatrics*, 85, 854-858.
- Kimberger, O., Cohen, D., Illievich, U., & Lenhardt, R. (2007). Temporal artery versus bladder thermometry during perioperative and intensive care unit monitoring. *Anesthesia and Analgesia*, 105, 1042-1047. <http://dx.doi.org/10.1213/01.ane.0000281927.88935.e0>
- Kistemaker, J. A., Den Hartog, E. A., & Daanen, H. A. (2006). Reliability of an infrared forehead skin thermometer for core temperature measurements. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 30, 252-261. <http://dx.doi.org/10.1080/03091900600711381>
- Koo, H. Y., & Son, J. T. (2005). Comparison of inguinal, rectal, axillary, and tympanic temperature in newborns. *Korean Journal of Child Health Nursing*, 11, 203-210.
- Koo, S. H., Jeong, M. S., Kim, K. A., Ko, S. Y., Lee, Y. K., & Shin, S. M. (2003). Comparison of body temperature measured by non-contact temporal artery thermometer with those by other methods in neonates. *Korean Journal of Perinatology*, 14, 409-415.
- Korean Society for the Study of Obesity. (2006, February). *The Asia-Pacific perspective: Redefining obesity and its treatment*. Seoul: Author. (Original work published 2000).
- Lawson, L., Bridges, E. J., Ballou, I., Eraker, R., Greco, S., Shively, J., et al. (2007). Accuracy and precision of noninvasive temperature measurement in adult intensive care patients. *American Journal of Critical Care*, 16, 485-496.
- Lee, W. H., & Jung, S. P. (1995). The validity of the tympanic membrane thermometer in detecting fever of the children. *Korean Journal of Family Medicine*, 16, 531-536.
- Marable, K., Shaffer, L. E., Dizon, V., & Opalek, J. M. (2009). Temporal artery scanning falls short as a secondary, noninvasive thermometry method for trauma patients. *Journal of Trauma Nursing*, 16, 41-47. <http://dx.doi.org/10.1097/01.JTN.0000348069.71593.9d>
- Mynny, D., De Waele, J., Defloor, T., Blot, S., & Colardyn, F. (2005). Temporal scanner thermometry: A new method of core temperature estimation in ICU patients. *Scottish Medical Journal*, 50, 15-18.
- Park, C. W., & Park, S. N. (2007). Development of standard and improvement of reliability in body temperature measurement. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 24(9), 32-36.
- Potter, P. A., Perry, A. G., & Stockert, P. (2010). *Basic nursing*. St. Louis: Mosby Co
- Ronneberg, K., Roberts, W. O., McBean, A. D., & Center, B. A. (2008). Temporal artery temperature measurements do not detect hyperthermic marathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 1373-1375. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31816d65bb>
- Shiraki, K., Konda, N., & Sagawa, S. (1986). Esophageal and tympanic temperature responses to core blood temperature changes during hyperthermia. *Journal of Applied Physiology*, 61, 98-102.
- Siberry, G. K., Diener-West, M., Schappell, E., & Karron, R. A. (2002).

- Comparison of temple temperatures with rectal temperature in children under two years of age. *Clinical Pediatrics*, 41, 405-414. <http://dx.doi.org/10.1177/000992280204100605>
- Sohng, K. Y., Park, H. S., Hong, Y. H., Yun, E. J., Lee, K. Y., Cho, B. H., et al. (2009). *Fundamentals of nursing*. Seoul: Soomoonsa.
- Suleman, M. I., Doufas, A. G., Akça, O., Ducharme, M., & Sessler, D. I. (2002). Insufficiency in a new temporal-artery thermometer for adult and pediatric patients. *Anesthesia and Analgesia*, 95, 67-71. <http://dx.doi.org/10.1097/00000539-200207000-00012>
- Yoo, J. H., & Jo, H. S. (2009). Comparison of tympanic and axillary temperatures. *Journal of Korean Academy of Fundamentals of Nursing*, 16, 162-170.
- Yun, K. W., & Lim, I. S. (2005). A study for accuracy and usefulness of tympanic membrane and forehead thermometers. *Korean Journal of Pediatrics*, 48, 820-825.