

## 적외선 열화상을 이용한 우범자 색출을 위한 예비 연구

장호열 · 박정윤 · 김승연<sup>1</sup> · 김병중<sup>2</sup>국민건강보험공단 일산병원 신경외과 연세대학교 의과대학, 플리어시스템코리아<sup>1</sup>, 관세청 통관지원과<sup>2</sup>

## The Pilot Study of IR Camera for Detection of the Traveler Liable to Committing Crime

Ho Yeol Zhang, MD, Jeong Yoon Park, MD, Seung Youn Kim<sup>1</sup>, Byeong Joong Kim<sup>2</sup>*Department of Neurosurgery, National Health Insurance Corporation Ilsan Hospital, Yonsei University College of Medicine, Korea  
<sup>1</sup>FLIR System Korea, and <sup>2</sup>Department of Customs Clearance Support, Korea Customs Service*

**Objectives:** The purpose of this study is to verify the result of IR thermograph as a detecting tool for the travelers liable to committing crime or narcotics abuses by Korea Customs. In addition, this is a pilot study to know the IR thermograph can use as a screening test.

**Methods:** We used the infrared cameras and checked randomly the temperature of traveler's faces that entered the Korea by KE2708 and OZI015 at August 30, 2008. We checked the 314 persons with randomly who entered the Korea by KE2708 (148 persons) and by OZI015 (166 persons). Therma CAM tm P series (FLIR Thermal Infrared Camera Systems, Inc., Boston, MA, USA) was used to check the temperature.

**Results:** The mean age of 314 persons (212 males and 102 females) was  $40.29 \pm 11.00^\circ\text{C}$ . We investigated the highest temperature of faces. The mean temperature of 314 persons was  $33.57 \pm 0.49^\circ\text{C}$ . There was no statistical difference between male ( $33.58^\circ\text{C}$ ) and female ( $33.54^\circ\text{C}$ ) ( $p > 0.05$ ). In addition, there was no statistical difference between age ( $p > 0.05$ ). Between KE2708 and OZI015, the temperature of OZI015 ( $33.68 \pm 0.49^\circ\text{C}$ ) was higher than KE2708 ( $33.44 \pm 0.45^\circ\text{C}$ ) ( $p < 0.01$ ). In nationality, there were the Korean (195), Japanese (105), Chinese (5), French (2), American (2), Tunisia (1), Swiss (1), Dutch (1), Australians (1) and Indonesians (1). There was a difference between nationality ( $p < 0.01$ ), but no statistical meaning because of small number. However, the thermal difference between Koreans and Japanese are statistically significant with proper numbers.

**Conclusion:** There were no temperature difference between male and female and between age groups. From this data, we can decide the high rank 1 or 3% of face temperature and this data can be used as a screening temperature to detection of the Traveler Liable to Committing Crime. However, we need a larger population study to decide the mean temperature according to nationality and airplane models.

**Key Words:** IR Camera · IR thermograph · Face temperature

## 서 론

적외선 열화상 검사는 디지털화된 적외선 카메라를 이용

교신저자: 박 정 윤

411-719, 경기도 고양시 일산동구 백석동 1232

국민건강보험공단 일산병원 신경외과

Tel: 031-900-3362, Fax: 031-900-0589

E-mail: spinepjy@nhimc.or.kr

하여, 측정하고자 하는 부위의 온도를 접촉하지 않고 일정 거리가 떨어진 곳에서 온도를 측정하는 장비이다<sup>1,7)</sup>. 이는 접촉에 의한 온도의 전도에 의한 온도의 변화를 초래하지 않고, 고온이나 저온에 의한 기기의 손상이 없으며, 검체가 동물 혹은 사람일 경우 검체의 불편감, 위기감 등의 심적 동요를 일으키지 않으며, 기기에 의한 온도의 변화를 유발하지 않는 장점이 있다. 적외선 열화상 검사는 산업의 전 분야에서 두루 사용되며, 군사, 의학적 목적에도 많이 이용되

고 있다<sup>2,6-8)</sup>.

본 연구는 서울세관에서 “마약 복용자 등 우범 여행자 색출을 위한 적외선 열감지 카메라 도입 방안 검토”에서 사용된 방법이 객관적이고 타당한 방법 인지를 알아보고, 향후 선별용으로 사용 가능성을 알기 위하여 실시한 예비 연구(pilot study)이다<sup>4)</sup>.

## 대상 및 방법

2008년 8월 30일에 김포공항을 통하여 일본에서 입국하는 KE2708편과 OZ1015편 항공기의 입국자를 세관 검색대에서 적외선 카메라로 얼굴의 온도를 측정하였다. 적외선 열감지 카메라는 Therma CAM tm P series (FLIR Thermal Infrared Camera Systems, Inc., Boston, MA, USA)를 사용하였다. KE2708편 이용자 중에서 무작위로 148명의 안면 온도를 측정하였고, OZ1015편 이용자 중에는 166명을 무작위 측정하여, 총 314명을 측정하였다.

상기 열화상 장비는 일정 온도를 설정하면, 설정 온도를 초과할 경우에 경보음이 울리며, monitor되는 화면에 cursor가 나타나서 이 온도 이상이 되는 부위를 알려주며, 이 부분의 온도를 나타내 주는 기능이 있다. 이 기능을 이용하여 “마약 복용자 등 우범 여행자 색출을 위한 적외선 열감지 카메라 도입 방안 검토”시에 측정을 하였었다<sup>4)</sup>. 다른 기능 중 하나는 측정 부위(R.O.I.; Region of interest)를 둥근원으로 표시하여 이 부위에서 가장 높은 온도를 측정

하도록 설정을 하면 이 부위 내에서 가장 높은 부분의 온도를 측정하여 표시하는 기능이 있다(Fig. 1).

이중 후자의 방법을 이용하여 대한항공과 아시아나 항공을 이용하여 입국하는 여객 314명을 측정하였다. 후자의 방법을 사용한 이유는 각 여행객의 안면 온도의 최고치를 측정하여 평균과 표준편차를 구하여, 이를 이용한 정규분포곡선을 만들어, 상위 검색 범위를 정하여 온도가 몇 ℃ 이상인 경우에 여행자를 정밀 검색하여야 할 지를 결정하기 위해서이다. 또한 “마약복용자 등 우범 여행자 색출을 위한 적외선 열감지 카메라 도입 방안 검토”에서 보여 주었던 33.7℃가 정규 분포에서 어느 정도의 표준 편차에 위치하는지 알기 위해서이다<sup>4)</sup>.

SPSS 12.0K (SPSS, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 통계 분석하였고, 다양한 그룹간 분석을 위하여 t-test와 Kruskal Wallis test를 이용하였다. p값이 0.05 미만일 경우 통계학적으로 유의하다 판단하였다.

## 결 과

총 314명을 측정하였고, 이들의 평균 온도는 33.57±0.49 ℃이었고, 평균 연령은 40.29±11.00 (19-83세) 세였고, 남성 212(67.5%)명, 여성 102(32.5%)명이었다. 평균 온도가 약 33.6℃이고 표준 편차는 약 0.49℃로 평균치의 약 1/68 정도 썩의 온도 변화가 있는 대단히 안정적이고 균일한 온도 분포로 나타났다(Fig. 2).



Fig. 1. The method to check the highest temperature at face by Therma CAM tm P series (FLIR Thermal Infrared Camera Systems, Inc., Boston, MA, USA)

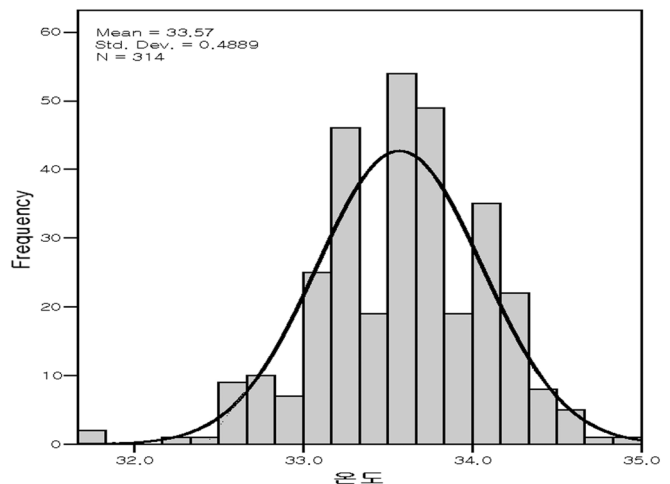


Fig. 2. A normal distribution curve of total 314 persons.

남성(33.58℃)과 여성(33.54℃) 사이의 온도는 통계학적인 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 연령대를 10대부터 80대까지로 나누어 평균 온도를 비교하였으며, 10대(1명): 34.40℃, 20대(44명): 33.73℃, 30대(118명): 33.58℃, 40대(91명): 33.47℃, 50대(42명): 33.57℃, 60대(14명): 33.49℃, 70대(3명): 33.63℃, 80대(1명): 34.20℃ 있었으며, 나이에 별로 통계학적 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

두 항공편간의 온도차이를 분석 하였으며, 각각의 항공편에서도 안정적이고, 균일한 정규분포의 온도 분포를 보였다(Fig. 3, 4). KE2708의 경우는 안면부의 온도 평균이  $33.44\pm 0.45^\circ\text{C}$  였고, OZ1015의 경우는  $33.68\pm 0.49^\circ\text{C}$ 로 두 군중에 OZ1015가 유의하게 온도가 더 높았다( $p>0.01$ ).

국적별 온도 차이를 분석하였는데, 한국 195명, 일본 105명, 중국 5명, 프랑스 2명, 미국 2명, 그 외로 튀니지, 스위스, 네덜란드, 호주, 인도네시아가 각 1명이었으며, 이들간 온도가 유의한 차이가 있었으나, 이는 샘플의 수가 적어서 통계학적으로 의미는 없었다. 그러나 이 중에서 가장 많은 탑승객을 가진 한국인과 일본인을 가지고 분석한 결과 한국인은 33.47℃, 일본인은 33.73℃ 였으며, 일본인의 안면부 최고 온도가 한국인 보다 높았다( $p<0.05$ ).

총 314명의 안면 온도는 정규분포를 보였으며(Fig. 2), 이 정규 분포 곡선의 특징을 분석한 결과, 상위 1%=평균+2.33 표준편차, 상위 3%=평균+1.88 표준편차, 상위 5%=평균+1.65 표준편차, 상위 10%=평균+1.28 표준편차이다. 온도를 계산하면, 상위 1%의 경우는 34.71℃, 상위 3%의 경우는 34.49℃, 상위 5%의 경우는 34.37℃, 상위 10%의 경우는 34.20℃이다.

## 고 찰

본 연구 결과 남녀 및 연령대에 따른 안면부 온도의 차이는 없었다. 이는 본 자료가 screening을 위한 표준 자료로써 이용될 수 있음을 의미한다. 그러나 항공편에 따라 온도 차이가 있었는데, KE2708의 입국시간은 오후 2시로 입국장 온도가 26℃ 였으며, OZ1015는 2시 50분에 입국하여, 입국 시 온도가 27℃로 KE2708에 비하여 1℃ 높았으며, 외부 온도 차이에 따라 입국자의 온도 차이에 의하여 안면 온도가 약 0.24℃가 높게 측정되었다. 따라서 향

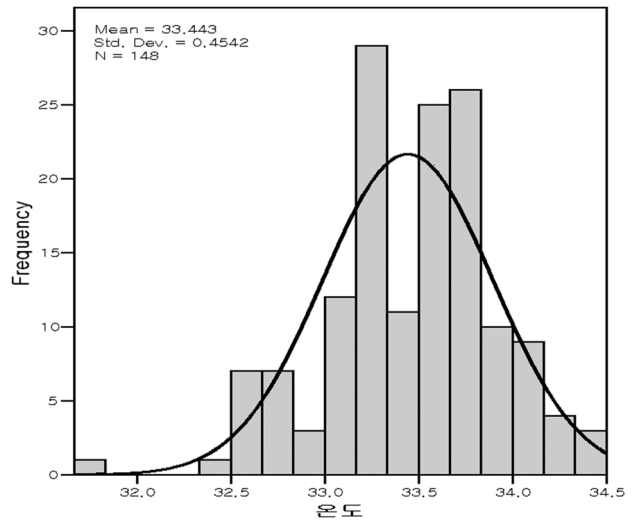


Fig. 3. A normal distribution curve of 148 persons at KE2708.

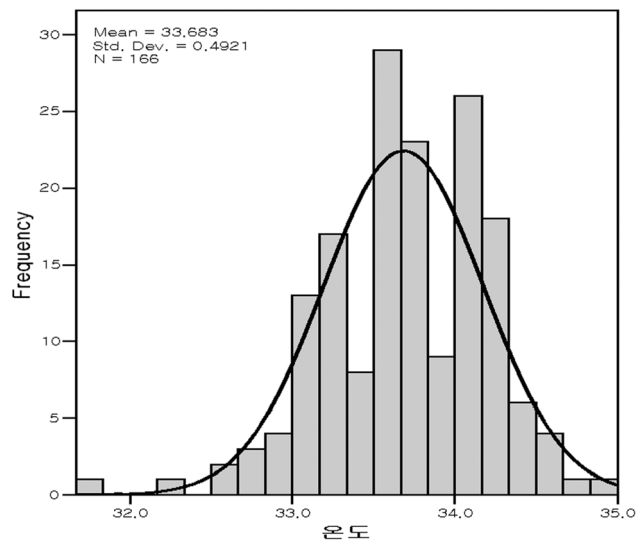


Fig. 4. A normal distribution curve of 166 persons at OZ1015.

후 선별 검사를 위해서는 외부 온도를 반영 및 보정하여 검색 대상을 결정해야 할 것으로 판단된다.

불필요한 검색을 줄이고 적정 온도 이상만의 승객수를 적정 수준으로 맞추고자 한다면, 외부 온도를 26도 기준으로 하여 온도 1℃의 변화에 따라 안면부 온도의 측정치를 0.24℃씩 상향 혹은 하향 조정하도록 할 수 있을 것이다. 향후 입국장에서 발생하는 여러 온도 대에서 측정하여 좀 더 정확한 측정에 의한 정확한 기준치와 보정치의 개발이

필요할 것이다.

연령대에 따른 차이는 없었으나, 체온은 연령별로 많은 영향을 받는다. 일반적으로 소아, 청소년기, 청년기에는 성장 등을 위한 기초 대사량이 많기 때문에 많은 양의 발열이 있으며, 이로 인하여 연령이 젊을수록 피부 온도는 높은 것으로 나타난다. 그러나 본 연구에서는 피부 전체의 온도 평균을 측정하는 것이 아니라, 안면부의 온도의 최고치만을 측정하는 결과 이러한 연령별의 차이는 없었다. 또한 소아와 청소년이 없었기 때문에 통계적으로 의미 있는 온도 차이는 없었던 것으로 판단된다. 성별의 경우에는 차이가 없었는데, 여성의 생리 주기에 따른 심부 온도의 변화, 남녀 모두 일일주기, 계절에 따른 심부 온도의 변화는 있으나, 본 연구에서 측정하는 안면부 피부의 온도는 남녀간에 차이가 없었다. 따라서 본 기기의 온도 설정 시에는 19세 이상의 성인의 경우는 남녀를 불문하고 같은 온도로 설정하여 선별하는 기기로 활용할 수 있을 것으로 판단된다<sup>3)</sup>.

국가별 분석 결과를 보았을 때, 한국인과 일본인이 대다수였고, 다양한 국가의 소수의 여행객이 있었다. 다수의 여행객인 한국인과 일본인만으로 비교한 경우에는 확연한 온도 차이가 있었다. 일본인이 한국인 보다 유의하게 높았다. 이 연구에서는 일본인이 한국인에 비하여 온도가 더 높은 이유가 한국인은 본국으로 귀환하여 심리적으로 안정된 상태이고, 일본인(혹은 외국인)의 경우는 언어도 안통하는 곳에서 입국 심사를 받는 것에 대한 심리적 불안감이 반영되어 안면부의 체온이 올라갔을 것이라고 예측할 수 있다<sup>2)</sup>. 다른 하나는 인종별, 혹은 국가의 위도나 기후 별로 안면부 온도의 분포가 다를 수 있다는 것이다. 다양한 국적의 입국객에 대하여 선별검사로 이용하기 위해서는 보다 많은 승객을 대상으로 온도 측정이 필요할 것으로 판단된다<sup>5)</sup>.

FLIR system의 적외선 열화상 촬영기는 NETD 0.08℃ (noise equivalent temperature difference; 30℃의 물체를 측정할 경우 0.08℃ 이내의 오차를 나타내는 기기) 인 기기로, 장비에 기록된 온도의 측정은 1/100℃까지 측정이 된다. 기기의 온도 설정은 1/10℃까지 가능하다. 이 기기를 이용하여 선별 온도를 설정할 경우는 1/10℃까지 온도 설정이 가능하다. 온도 측정 후 평균 이상이면, 무조건 정밀 검색을 하는 경우에서 부터 상위 1% 만을 대상으로 정밀 검색을 하는 여러 방안이 있을 것이다. 공항 검색대의 세관의 인원을 감안하여 단위 시간 당 정밀 검색을 할 수

있는 여행객의 수는 제한되어 있을 것이다. KE와 OZ를 포함한 전체적인 온도 분포에서 보면 상위 1%를 정밀 검색을 하려면 34.7℃, 상위 3%를 정밀 검색하려면 34.5℃, 상위 5% 이내만을 검색하려면 34.4℃, 그리고 상위 10% 이내만을 검색하려면 34.0℃로 온도를 설정하면 된다. 검색대 주변의 온도가 26℃ 정도로 균일하게 유지되고, 특정 선별 범위를 선정 한다면 짧은 시간에 많은 수를 집중적으로 정밀 검색이 가능할 것으로 판단된다.

그러나 적외선 열화상을 이용하여 우범자 색출을 위한 표준 자료를 확보하기 위해서는 좀더 다양한 외부온도, 다양한 국적, 보다 많은 승객을 대상으로 한 광범위한 자료 수집 및 분석이 필요할 것으로 판단된다.

## 결론

공항을 통하여 입국한 승객을 대상으로 무작위 추출하여 얼굴의 온도를 측정하는 결과, 외부 온도가 26-27℃일 때 여행객의 안면부 최고 온도의 평균은 33.57±0.49℃이었다. 연령대별, 남녀간의 차이는 없었으며, 국적에 따라 온도차이 있었다. 보다 많은 국적과 승객으로 대상으로 자료 수집이 이루어 진다면 마약 복용자 등의 우범자 색출을 위한 선별 검사로써 전체 검색 대상 중 검색범위를 효과적으로 결정하여 선별 검사로 사용할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

1. Bitar D, Goubar A, Desenclos JC: International travels and fever screening during epidemics: a literature review on the effectiveness and potential use of non-contact infrared thermometers. *Euro Surveillance* 14, 2009
2. Holden C: Polygraph screening. Panel seeks truth in lie detector debate. *Science* 291:967-967, 2001
3. Kakuta N, Yokoyama S, Mabuchi K: Human thermal models for evaluating infrared images. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 21:65-72, 2002
4. Kim BJ, Zhang HY: Investigations of IR Camera for the Detection of the Traveler Liable to Committing Crime or Narcotics Abuse. *Korean journal of Thermology* 9: 37-42, 2009
5. Kiyatkin EA, Brown PL: Fluctuations in neural activity during cocaine self-administration: clues provided

- by brain thermorecording. *Neuroscience* 116:525-538, 2003
6. Kiyatkin EA, Wise RA: Brain and body hyperthermia associated with heroin self-administration in rats. *The Journal of Neuroscience* 22:1072-1080, 2002
7. Merla A, Romani GL: Functional infrared imaging in medicine: a quantitative diagnostic approach. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 1:224-227, 2006
8. Ng EY, Kaw GJ, Chang WM: Analysis of IR thermal imager for mass blind fever screening. *Microvascular Research* 68:104-109, 2004