

외부 환경 변화에 의한 비 접촉 체온계의 오차 범위 측정

김정은¹ · 박상웅^{2*} · 최혜경^{2*}

¹을지대학교 응급구조학과 학생, ^{2*}을지대학교 응급구조학과 교수

Investigation of Standard Error Range of Non-Contact Thermometer by Environment

Kim Jeongeun M.S¹ · Park Sangwoong, Ph.D^{2*} · Choi Heakyung RN, Ph.D^{2*}

¹Dept. of Emergency Medical Services, Eulji University, Student

^{2*}Dept. of Emergency Medical Services, Eulji University, Professor

Abstract

Purpose : A person infected by SARS-CoV2 may present various symptoms such as fever, pain in lower respiratory tract, and pneumonia. Measuring body temperature is a simple method to screen patients. However, changes in the surrounding environment may cause errors in infrared measurement. Hence, a non-contact thermometer controls this error by setting a correction value, but it is difficult to correct it for all environments. Therefore, we investigate device error values according to changes in the surrounding environment (temperature and humidity) and propose guidelines for reliable patient detection.

Methods : For this study, the temperature was measured using three types of non-contact thermometers. For accurate temperature measurement, we used a water bath kept at a constant temperature. During temperature measurement, we ensured that the temperature and humidity were maintained using a thermo-hygrometer. The conditions of the surrounding environment were changed by an air conditioner, humidifier, warmer, and dehumidifier.

Results : The temperature of the water bath was measured using a non-contact thermometer kept at various distances ranging from 3~10 cm. The value measured by the non-contact thermometer was then verified using a mercury thermometer, and the difference between the measured temperatures was compared. It was observed that at normal surrounding temperature (24 °C), there was no difference between the values when the non-contact thermometer was kept at 3 cm. However, as the distance of the non-contact thermometer was increased from the water bath, the recorded temperature was significantly different compared with that of mercury thermometer. Moreover, temperature measurements were conducted at different surrounding temperatures and the results obtained significantly varied from when the thermometer was kept at 3 cm. Additionally, it was observed that the effect on temperature decreases with an increase in humidity

Conclusion : In conclusion, non-contact thermometers are lower in lower temperature and dry weather in winter

Key Words : COVID-19, distance, external environment, humidity, non-contact thermometers, temperature

*교신저자 : 박상웅 swpark@eulji.ac.kr, 최혜경 emschoi@eulji.ac.kr

논문접수일 : 2020년 11월 25일 | 수정일 : 2020년 12월 11일 | 게재승인일 : 2020년 12월 18일

※ 이 논문은 2019년 을지대학교 교내 연구비를 받아 진행한 연구임. 이 논문은 김정은 학생 석사 논문임.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

신종 코로나바이러스(COVID-19)의 전 세계적인 확산은 전 세계 사람들의 일상적 생활에 큰 영향을 받고 있다(Dai 등, 2020; Hu, 2020; Liu 등, 2020a; Ren 등, 2020). 2020년 8월 기준 전 세계 감염자는 2130만 명이며 사망자는 76.7만 명에 다다랐다. 대한민국도 확진자 40,098명 사망자 564명이며 (보건복지부 자료 2020년 12월 10일 00시 기준), 아직 바이러스 백신이 나오지 않고 있으며 예방이 최선이다. COVID-19는 2003년 중국에서 중증 급성 호흡기 증후군인 SARS와 유사한 증상을 보이는 환자를 처음 발견되었으며, 2020년 1월 7일 중국은 새로운 종류의 virus로 이름을 2019-nCoV로 명명하였다 (국가지정 의과학연구소). 2020년 1월부터 급격히 퍼지기 시작한 virus로 인하여 전 세계에서 감염자들이 증가하고 있다. 특히 사망한 사람들의 대부분은 노인 환자이며, 사망원인은 폐렴이다. COVID-19에 감염이 되면 고열과 마른 기침이 특징이며 두통, 호흡곤란, 폐렴 등이 나타난다. 사망률은 높지 않지만 폐 손상으로 인한 사망에 이르게 된다(Chang 등, 2020; Huh 등, 2020; Kim 등, 2020a; Kim 등, 2020b; Liu 등, 2020b). 최근 연구 논문에서는 사람 간 전파뿐만 아니라 개에게서도 코로나바이러스가 검출되었으며, 동물, 사람 동시에 감염시킬 가능성에 대

하여 언급하였다(Deftereos 등, 2020; Geppert, 2020; Jendry 등, 2020; Oliva & Johnston, 2020).

COVID-19의 감염은 의심환자의 체액을 이용하여 유전자 증폭 방법인 중합효소 연쇄반응(polymerase chain reaction; PCR) 방법을 통하여 확인할 수 있다. 또한, 최근에는 진단 키트들이 나와서 30분 이내에 확인이 가능하다(Abdelkarim, 2020; Chong 등, 2020; Dorschug 등, 2020; Sorbello 등, 2020; Ture & Oguz, 2020).

COVID-19에 감염되었을 경우 증상에 대하여 살펴보면 여러 가지 증상으로 나뉜다. 독감의 경우 증상이 빠르고 두통, 무기력, 식욕부진 및 감염되었을 경우 2일 이내 39 ℃ 이상으로 열이 오르는 반면, COVID-19에 감염되었을 경우 여러 증상들로 나눌 수 있다. 먼저 무증상자는 감염이 되었지만 아무런 증상이 없는 환자이며, 경미 감염자는 약간의 발열이 나타나며, 중증의 감염자는 감염 초기 발열과 기침 등을 동반하며, 7일 후부터 폐렴 증상이 나타난다(Faes 등, 2020; Gulsen 등, 2020; Smith 등, 2020; Zhang 등, 2020).

COVID-19의 자가 진단법으로 알려진 것은 안정상태에서 체온이 37.3 ℃ 이상이 되었을 때 COVID-19 감염을 의심할 수 있다. 현재 우리의 일상생활에서 체온 측정은 일상이 되었다. 집 밖을 나가게 되면 어디를 가든 체온을 측정한다. 모든 곳에서 비접촉식 체온계를 사용하고 있으며, 비접촉식 체온계의 측정방식은 적외선을 이용하여 물체에서 방출되는 에너지의 양을 측정하여 방식이다.

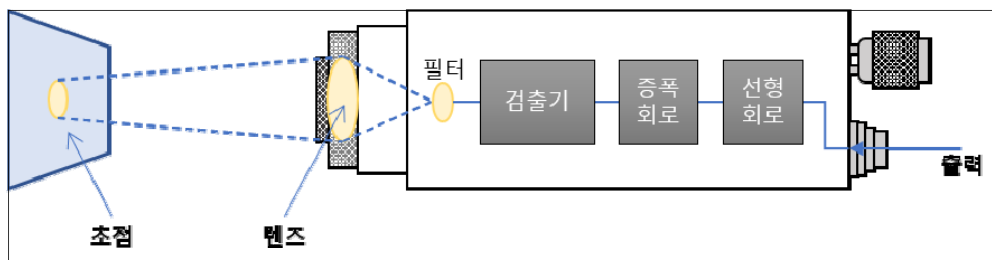


Fig 1. Schematic diagram of infrared thermometer

Fig 1에서 보면 물체에서 나온 에너지를 렌즈를 통해서 받게 된다. 이때 물체마다 서로 다른 에너지를 밖으로 내보낸다. 이것을 방사율이라 부른다. 예를 들면 실제

온도 100 ℃인 물체가 비접촉 온도계로 측정하였을 때 80 ℃가 기록되었다면 이 물체는 적외선 양을 80 %만 방출한 것이다. 이것을 해결하기 위하여 적외선 증폭회

로를 통하여 20 %를 보정해준다. 하지만 외부 환경에 따라 방사율이 달라지기 때문에 물체에서 나오는 에너지를 정확히 측정하는 것이 어렵다(Cugmas 등, 2020; McFarland 등, 2020; Sathiyabarathi 등, 2016; Uddin 등, 2020).

우리는 외부 환경 변화 (온도, 습도, 측정 거리)에 따른 방사율의 변화에 따른 비접촉 체온계의 오차 범위를 측정하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 설계

본 연구는 밀폐된 장소에서 에어컨과 온풍기, 제습기와 가습기등을 이용하여 인위적으로 외부 환경을 만들어 실험을 진행하였다. 온도 측정은 항온 수조를 이용하

여 일정한 온도의 물이 흐르는 관에 비접촉 온도계를 사용하여 환경에 따른 거리별, 습도별, 외부 온도에 따른 변화를 비교 분석하였다.

2. 연구재료

일정한 온도의 물이 흐르는 항온 수조(정밀항온수조, DH20030300P0181, 대한 과학, 한국)의 고무관에 온도 측정을 하였다. 온도 측정의 정확성을 확인하고자 수온 온도계와 비접촉 체온계의 온도를 바로 앞에서 측정하여 온도 차이가 없는 것을 확인하고 실험을 진행하였다. 비접촉 체온계는 현재 시판되고 있는 체온계를 사용하였다. 비접촉 체온계(써모파인더 FS-300, 휴비딕, 대한민국; 써모파인더 플러스 HFS-1000, 휴비딕, 한국; Infrared Thermometer CK-T1502, Changkun, 중국)(Fig 2)를 이용하여 온도를 측정하였다. 측정은 2회 각 기계마다 2회 반복 측정하였다.



Fig 2. Photo of the non-contact thermometer model used for this study

3. 실험방법

본 연구는 외부 환경 변화에 의한 비접촉 체온계의 측정 오차를 측정하고자 한다. 외부환경 변화는 온도와 습도 변화를 고정하고자 하였다. 따라서 다른 요인들에 의해 온도 측정에 영향을 줄 수 있는 요소를 제외하고자 밀폐된 공간에서 실험을 실행하였다. 실험실은 60 m²의 정사각형 공간이며 실험은 한쪽 벽면에서 진행하였으며,

직사광선의 영향을 피하기 위하여 외부로부터 들어오는 빛은 차단하였다. 또한 밀폐된 공간은 인위적인 환경 변화 이외에는 다른 요소가 없었다. 실험실 내부 온도는 24-25 °C 습도 55 %를 유지하고 있었다. 밀폐된 장소에서 에어컨과 온풍기, 제습기와 가습기를 이용하여 인위적인 환경을 만들어 외부 환경에 변화를 주었고, 항온 수조에 고무관을 연결하여 일정한 온도의 물이 흐르게 하였다. 외부 온도 영하 3.3 °C에서 최고 40.4 °C까지, 습

도는 최저 10 %에서 최고 99 %까지 실험을 진행하였다. 변화된 환경은 온도와 습도가 일정해 진 후 실험을 진행 하였다.

설정 온도는 현재 실험실에서 측정 가능한 온도가 영하 3.3 ℃ 까지 측정이 가능하여 최저 온도로 잡았으며, 우리나라 4계절을 기준으로 평균 온도와 습도를 기준으로 온도 습도를 설정하였다.

- 1) 항온 수조의 온도를 세팅 후 고무관의 접촉하여 온도를 재어 기준값(0 cm)으로 잡았다.
- 2) 고무관에서부터 비접촉 체온계의 거리가 3 cm, 5 cm, 7 cm, 10 cm에서 온도를 측정하였다. 비 접촉 체온계의 적정 측정 거리는 2~3 cm으로 되어 있으며, 선행 연구(Mengal 등, 2016)에서 보면 온도 측정을 2.5 cm 단위로 하였으나 우리는 더 자세히 관찰하기 위하여 온도의 측정 범위를 2 cm 단위 간격으로 측정하였다.

4. 통계 분석

데이터 분석은 SPSS 22를 통하여 거리 및 온 습도 변

화에 따른 기술 통계량 및 유의성 검정을 진행 하였다. 유의성 검정은 일원배치 분산분석을 통하여 진행 하였으며, 사후분석은 Bonferroni를 통하여 진행하였다.

III. 결 과

1. 외부 온도 변화에 따른 비접촉 체온계의 측정 오차

영하 3.3 ℃, 23.9 ℃, 40.4 ℃에서 거리에 따른 온도 변화를 측정하였다. 측정 다시 습도는 45~60 %의 습도를 유지하였으며, 온도와 거리 변화 이외에는 다른 변화가 없었다. 비접촉 체온계의 사용 적정 범위는 2~3 cm으로 3 cm을 측정하였다. 먼저 영하 3.3 ℃, 습도 52 % 환경에서 거리에 따른 온도를 측정하였다. 실제 온도는 37.5 ℃로 기록되었지만 거리에 따른 오차가 유의하게 차이나는 것을 확인할 수 있었다(Table 1, 2). 10 cm에서 최대 2.5 ℃의 온도가 떨어지는 것을 관찰하였다(Fig 3). 또한 비접촉 체온계의 적정 사용 범위인 3 cm에서도 1 ℃의 온도차이가 생기는 것을 확인할 수 있었다.

Table 1. One way ANOVA analysis according to distance on temperature -3.3 ℃ and humidity 52 %

One way ANOVA					
Temperature -3.3 ℃, Humidity 52 %					
	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between group	19.989	4	4.997	14.657	.000
Within group	8.523	25	.341		
Total	28.512	29			

Table 2. Post hoc analysis Bonferroni correction to distance on temperature -3.3 ℃ and humidity 52%

One way ANOVA						
Temperature -3.3 ℃, Humidity 52 % Bonferroni						
Distance (I) cm	Distance (J) cm	Mean difference (I-J)	Std. error	Sig.	95 % Confidence interval	
					Lower bound	Upper bound
0	3	.98333	.33711	.074	-.0544	2.0210
	5	1.60000*	.33711	.001	.5623	2.6377
	7	1.96667*	.33711	.000	.9290	3.0044
	10	2.31667*	.33711	.000	1.2790	3.3544

One way ANOVA						
Temperature -3.3 °C, Humidity 52 %						
Bonferroni						
Distance (I)	Distance (J)	Mean difference (I-J)	Std. error	Sig.	95 % Confidence interval	
cm	cm				Lower bound	Upper bound
3	0	-.98333	.33711	.074	-2.0210	.0544
	5	.61667	.33711	.793	-.4210	1.6544
	7	.98333	.33711	.074	-.0544	2.0210
	10	1.33333*	.33711	.006	.2956	2.3710
5	0	-1.60000*	.33711	.001	-2.6377	-.5623
	3	-.61667	.33711	.793	-1.6544	.4210
	7	.36667	.33711	1.000	-.6710	1.4044
	10	.71667	.33711	.436	-.3210	1.7544
7	0	-1.96667*	.33711	.000	-3.0044	-.9290
	3	-.98333	.33711	.074	-2.0210	.0544
	5	-.36667	.33711	1.000	-1.4044	.6710
	10	.35000	.33711	1.000	-.6877	1.3877
10	0	-2.31667*	.33711	.000	-3.3544	-1.2790
	3	-1.33333*	.33711	.006	-2.3710	-.2956
	5	-.71667	.33711	.436	-1.7544	.3210
	7	-.35000	.33711	1.000	-1.3877	.6877

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

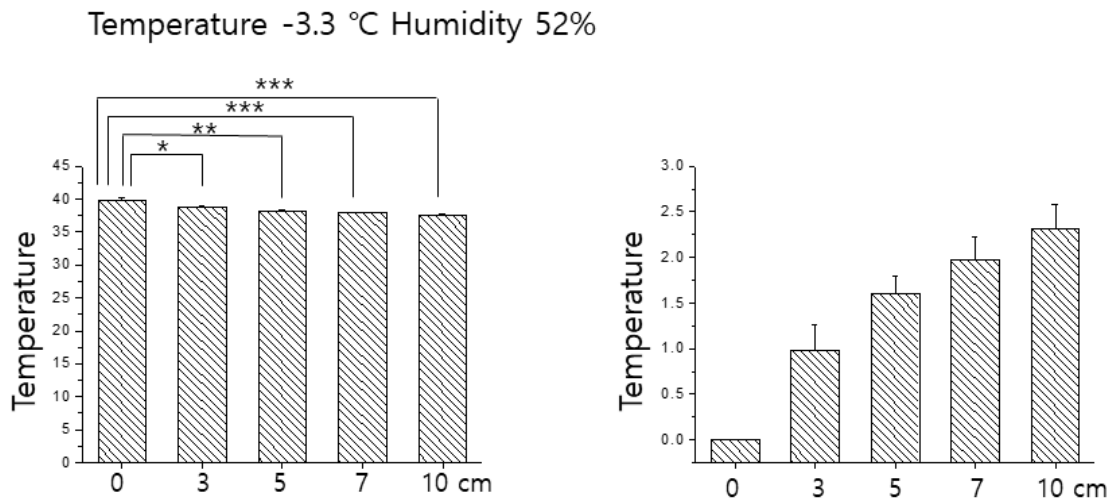


Fig 3. Alteration of temperature by according to distance on -3.3 °C and 52 % humidity

다음은 봄과 가을철 온도인 23.9 °C 습도 59 % 에서 온도를 측정하였다. 거리별 차이에 따라 유의한 차이가 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 적정 사용 거리에서

0.41 °C의 오차 범위가 있었으며 5 cm에서 0.81 °C, 7 cm에서 1.0 °C 그리고 10 cm에서 1.1 °C의 오차가 생기는 것을 알 수 있었다 (표 3, 4) (Fig 4). 다음은 여름철 최대

온도인 40.4 °C에서 실험을 진행하였다. 3 cm에서는 차이가 없었으나, 5 cm이상에서는 거리별 유의한 차이가 있는 것을 확인 할 수 있었으며 (표 5, 6), 적정 사용 거리에서 0.15 °C 높게 나왔으며, 5 cm에서 0.38 °C, 7 cm에서 0.61 °C 그리고 10 cm에서 0.8 °C 높게 측정되었다(Fig 5).

Table 3. One way ANOVA analysis according to distance on temperature 23.9 °C and humidity 59 %

One way ANOVA					
Temperature 23.9 °C, Humidity 59 %					
	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between group	5.569	4	1.392	6.374	.001
Within group	5.460	25	.218		
Total	11.029	29			

Table 4. Post hoc analysis Bonferroni correction to distance on temperature 23.9 °C and humidity 59 %

One way ANOVA						
Temperature 23.9 °C, Humidity 59% Bonferroni						
Distance (I) cm	Distance (J) cm	Mean difference (I-J)	Std. error	Sig.	95% Confidence interval	
					Lower bound	Upper bound
0	3	.41667	.26981	1.000	-.4139	1.2472
	5	.81667	.26981	.057	-.0139	1.6472
	7	1.03333*	.26981	.008	.2028	1.8639
	10	1.18333*	.26981	.002	.3528	2.0139
3	0	-.41667	.26981	1.000	-1.2472	.4139
	5	.40000	.26981	1.000	-.4305	1.2305
	7	.61667	.26981	.310	-.2139	1.4472
	10	.76667	.26981	.088	-.0639	1.5972
5	0	-.81667	.26981	.057	-1.6472	.0139
	3	-.40000	.26981	1.000	-1.2305	.4305
	7	.21667	.26981	1.000	-.6139	1.0472
	10	.36667	.26981	1.000	-.4639	1.1972
7	0	-1.03333*	.26981	.008	-1.8639	-.2028
	3	-.61667	.26981	.310	-1.4472	.2139
	5	-.21667	.26981	1.000	-1.0472	.6139
	10	.15000	.26981	1.000	-.6805	.9805
10	0	-1.18333*	.26981	.002	-2.0139	-.3528
	3	-.76667	.26981	.088	-1.5972	.0639
	5	-.36667	.26981	1.000	-1.1972	.4639
	7	-.15000	.26981	1.000	-.9805	.6805

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

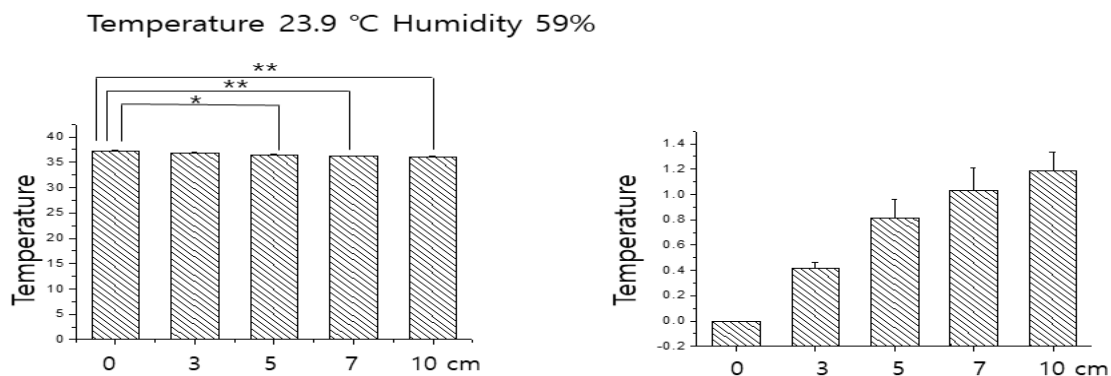


Fig 4. Alteration of temperature by according to distance on 23.9 °C and 59 % humidity

Table 5. One way ANOVA analysis according to distance on temperature 40.3 °C and humidity 45 %

One way ANOVA					
Temperature 40.3 °C, Humidity 45 %					
	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between group	2.575	4	.644	10.039	.000
Within group	1.603	25	.064		
Total	4.179	29			

Table 6. Post hoc analysis Bonferroni correction to distance on temperature 40.3 °C and humidity 45 %

One way ANOVA						
Temperature 40.3 °C, Humidity 45 %						
Bonferroni						
Distance (I) cm	Distance (J) cm	Mean difference (I-J)	Std. error	Sig.	95 % Confidence interval Lower bound	Upper bound
0	3	-.15000	.14621	1.000	-.6001	.3001
	5	-.38333	.14621	.147	-.8334	.0667
	7	-.61667*	.14621	.003	-1.0667	-.1666
	10	-.80000*	.14621	.000	-1.2501	-.3499
3	0	.15000	.14621	1.000	-.3001	.6001
	5	-.23333	.14621	1.000	-.6834	.2167
	7	-.46667*	.14621	.038	-.9167	-.0166
	10	-.65000*	.14621	.002	-1.1001	-.1999
5	0	.38333	.14621	.147	-.0667	.8334
	3	.23333	.14621	1.000	-.2167	.6834
	7	-.23333	.14621	1.000	-.6834	.2167
	10	-.41667	.14621	.086	-.8667	.0334
7	0	.61667*	.14621	.003	.1666	1.0667
	3	.46667*	.14621	.038	.0166	.9167
	5	.23333	.14621	1.000	-.2167	.6834
	10	-.18333	.14621	1.000	-.6334	.2667
10	0	.80000*	.14621	.000	.3499	1.2501
	3	.65000*	.14621	.002	.1999	1.1001
	5	.41667	.14621	.086	-.0334	.8667
	7	.18333	.14621	1.000	-.2667	.6334

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

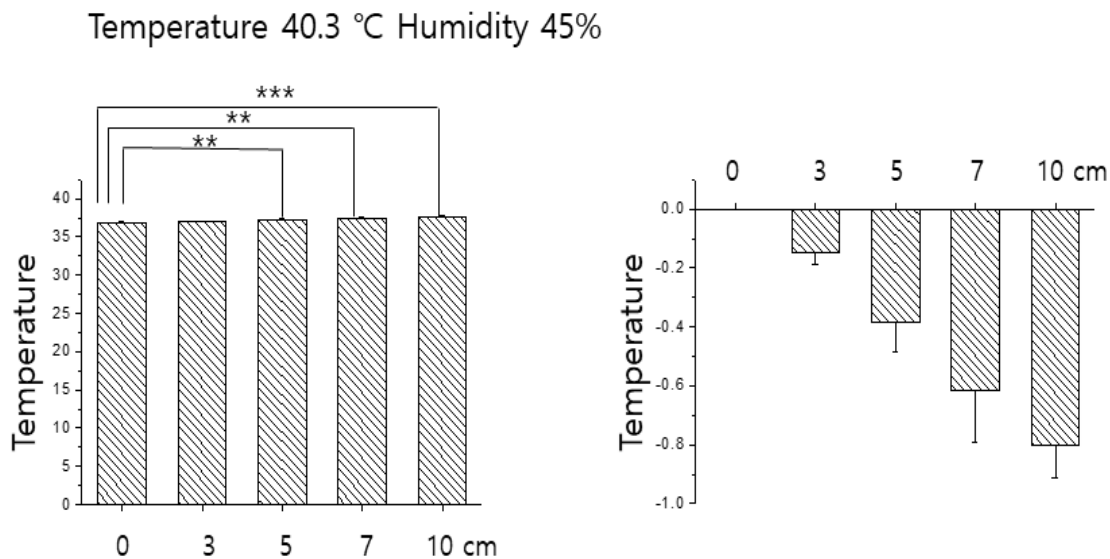


Fig 5. Alteration of temperature by according to distance on 40.3 °C and 45 % humidity

2. 외부 습도 변화에 따른 비접촉 체온계의 측정 오차

외부 습도에 따른 비접촉 체온계의 오차 범위를 확인하기 위하여 먼저 1.9 °C, 습도 81 %에 대하여 비 접촉 체온계의 거리별 오차 범위를 측정하였다. 0 cm을 기준으로 거리에 따른 유의한 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다(Table 7, 8). 습도가 81 % 되었을 때 최대 10 cm에서 1.2 °C의 온도 차이가 발생하는 것을 알 수 있었

다(Fig 6). 다음으로 습도에 따른 거리별 온도 측정을 비교하기 위하여 2가지로 확인하였다. 먼저 겨울철 기온을 가정하여 0±3 °C에서 습도 52 % (Fig 3)과 습도 81 % (Fig 6)를 비교하였다. 습도 변화에 따른 측정 온도 변화를 비교 분석한 결과 유의한 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 같은 거리에서 습도만 변화 되었을 때 습도가 낮을 수록 오차범위가 커지는 것을 확인 할 수 있었다(Fig 7).

Table 7. One way ANOVA analysis according to distance on temperature 1.9 °C and humidity 81 %

One way ANOVA					
Temperature 1.9 °C, Humidity 81 %					
	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between group	5.481	4	1.370	19.879	.000
Within group	1.723	25	.069		
Total	7.205	29			

Table 8. Post hoc analysis Bonferroni correction to distance on temperature 1.9 °C and humidity 81 %

One way ANOVA						
Temperature 1.9 °C, Humidity 81 % Bonferroni						
Distance (I) cm	Distance (J) cm	Mean difference (I-J)	Std. error	Sig.	95 % Confidence interval	
					Lower bound	Upper bound
0	3	.50000*	.15158	.029	.0334	.9666
	5	.63333*	.15158	.003	.1667	1.0999
	7	.95000*	.15158	.000	.4834	1.4166
	10	1.26667*	.15158	.000	.8001	1.7333
3	0	-.50000*	.15158	.029	-.9666	-.0334
	5	.13333	.15158	1.000	-.3333	.5999
	7	.45000	.15158	.065	-.0166	.9166
	10	.76667*	.15158	.000	.3001	1.2333
5	0	-.63333*	.15158	.003	-1.0999	-.1667
	3	-.13333	.15158	1.000	-.5999	.3333
	7	.31667	.15158	.470	-.1499	.7833
	10	.63333*	.15158	.003	.1667	1.0999
7	0	-.95000*	.15158	.000	-1.4166	-.4834
	3	-.45000	.15158	.065	-.9166	.0166
	5	-.31667	.15158	.470	-.7833	.1499
	10	.31667	.15158	.470	-.1499	.7833
10	0	-1.26667*	.15158	.000	-1.7333	-.8001
	3	-.76667*	.15158	.000	-1.2333	-.3001
	5	-.63333*	.15158	.003	-1.0999	-.1667
	7	-.31667	.15158	.470	-.7833	.1499

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

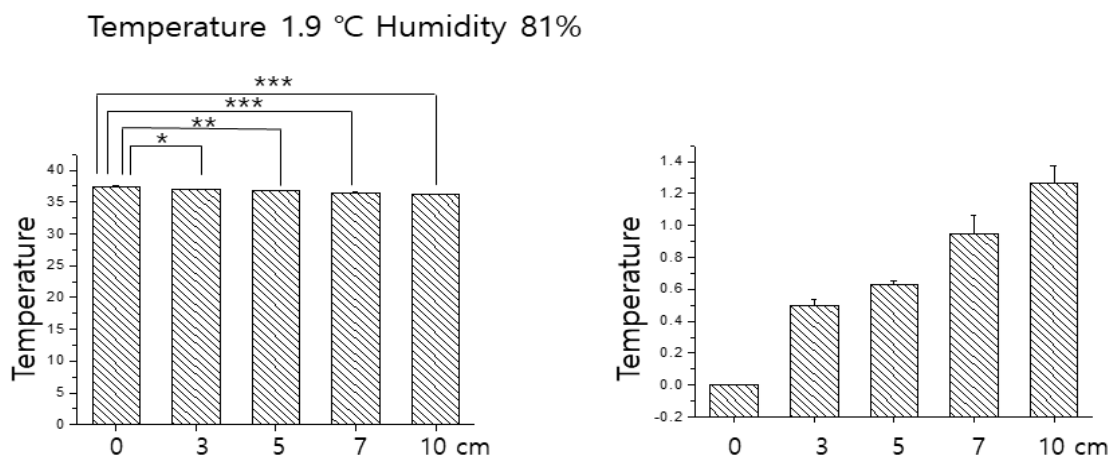


Fig 6. Alteration of temperature by according to distance on 1.9 °C and 81 % humidity

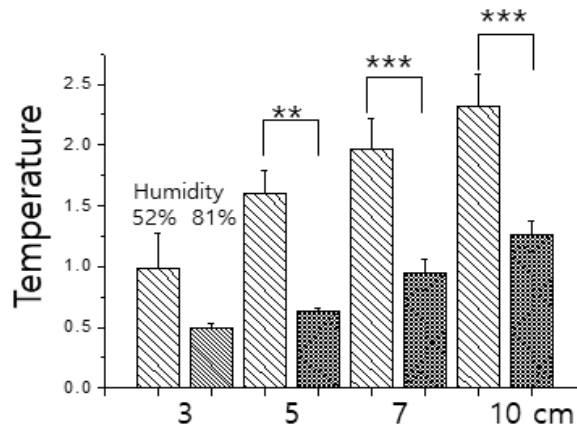


Fig 7. Comparison of measured temperature to humidity change on winter environment

다음으로 봄, 가을 온도인 24±1 °C에서 습도 변화에 따른 체온계의 온도 변화를 관찰 하였다. 습도 99 %에서 7 cm 거리 이상에서 유의한 차이가 있는 것을 확인 할 수 있었으며 (Table 9, 10), 적정 사용 거리에서 0.03 °C의 오차 범위가 있었으며 5 cm에서 0.11 °C, 7 cm에서 0.21

°C 그리고 10 cm에서 0.56 °C의 오차가 생기는 것을 알 수 있었다(Fig 8). 다음은 습도 변화에 따른 측정 온도 변화를 비교 분석 하였다. 같은 거리에서 습도만 변화 되었을 때 습도가 낮을수록 오차범위가 커지는 것을 확인 할 수 있었다(Fig 9).

Table 9. One way ANOVA analysis according to distance on temperature 23.8 °C and humidity 99 %

One way ANOVA					
Temperature 23.8 °C, Humidity 99 %					
	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between group	1.395	4	.349	10.423	.000
Within group	.837	25	.033		
Total	2.232	29			

Table 10. Post hoc analysis Bonferroni correction to distance on temperature 23.8 °C and humidity 99 %

One way ANOVA						
Temperature 23.8 °C, Humidity 99 %						
Bonferroni						
Distance (I) cm	Distance (J) cm	Mean difference (I-J)	Std. error	Sig.	95 % Confidence interval	
					Lower bound	Upper bound
0	3	-.03333	.10562	1.000	-.3585	.2918
	5	.11667	.10562	1.000	-.2085	.4418
	7	.21667	.10562	.508	-.1085	.5418
	10	.56667*	.10562	.000	.2415	.8918
3	0	.03333	.10562	1.000	-.2918	.3585
	5	.15000	.10562	1.000	-.1751	.4751
	7	.25000	.10562	.260	-.0751	.5751
	10	.60000*	.10562	.000	.2749	.9251

One way ANOVA						
Temperature 23.8 °C, Humidity 99 % Bonferroni						
Distance (I) cm	Distance (J) cm	Mean difference (I-J)	Std. error	Sig.	95 % Confidence interval	
					Lower bound	Upper bound
5	0	-.11667	.10562	1.000	-.4418	.2085
	3	-.15000	.10562	1.000	-.4751	.1751
	7	.10000	.10562	1.000	-.2251	.4251
	10	.45000*	.10562	.003	.1249	.7751
7	0	-.21667	.10562	.508	-.5418	.1085
	3	-.25000	.10562	.260	-.5751	.0751
	5	-.10000	.10562	1.000	-.4251	.2251
	10	.35000*	.10562	.028	.0249	.6751
10	0	-.56667*	.10562	.000	-.8918	-.2415
	3	-.60000*	.10562	.000	-.9251	-.2749
	5	-.45000*	.10562	.003	-.7751	-.1249
	7	-.35000*	.10562	.028	-.6751	-.0249

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

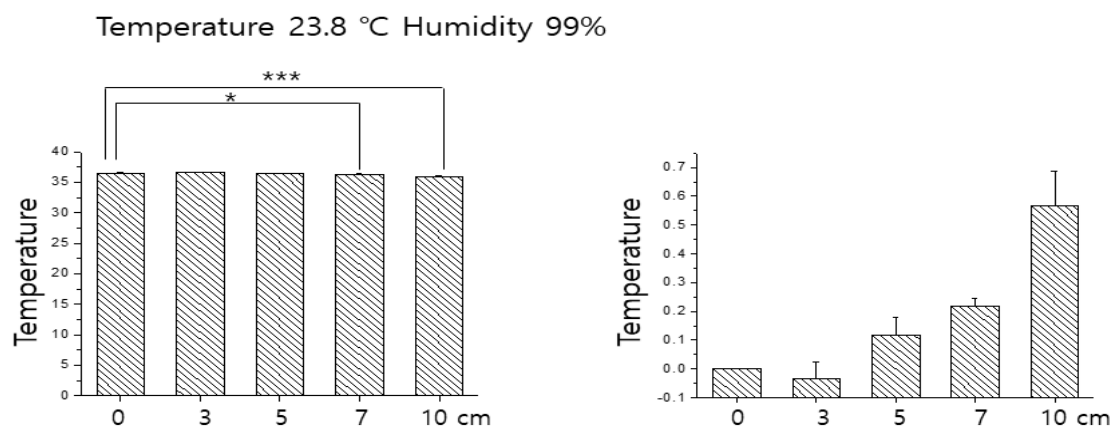


Fig 8. Alteration of temperature by according to distance on 23.8 °C and 99 % humidity

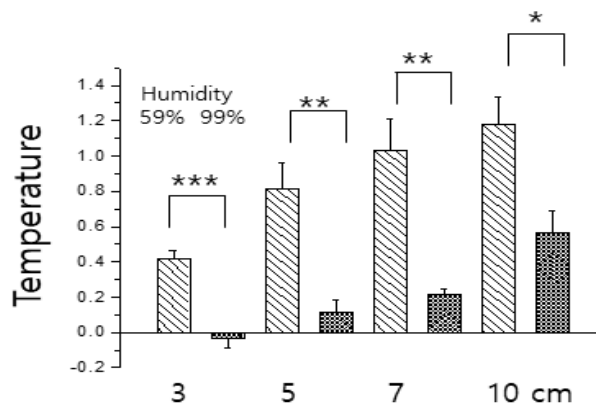


Fig 9. Comparison of measured temperature to humidity change on spring environment

IV. 고찰

최근 COVID-19 사태로 인하여 비접촉 체온계의 사용이 급증하고 있다(Gefen, 2020; Rad 등, 2020; Schober 등, 2020). 비 접촉 체온계의 정확한 사용이 중요하며, 사용 설명서에 보면 적정 사용 온도는 24 °C로 되어 있으며 거리는 2~3 cm으로 되어 있다. Fletcher 등은 비접촉 온도계의 오차 범위에 대하여 보고 하였다. 6 °C 아래에서 그리고 29 °C 이상에서 심각한 오류가 있다고 보고하였다(Fletcher 등, 2018). 앞선 선행 연구는 우리와 같은 결과를 볼 수 있다. 우리는 온도와 습도의 변화 그리고 측정 거리에 따른 측정 온도의 변화를 관찰하였다. 앞선 연구는 온도에 대한 연구만을 진행하였으며, 우리는 습도 및 측정 거리 또한 비접촉 체온계에 영향을 주는 것을 밝혔다. 따라서 외부 환경 또는 측정 거리는 비 접촉 온도계의 측정 오차를 더 증가시킨다. 우리의 연구에서 보면 실제 측정해 보면 3 cm에서 온도 및 습도에 따라 차이가 생기는 것을 알 수 있었다. 특히 온도가 낮은 환경에서는 측정 온도가 떨어지는 것을 알 수 있다. 이것은 방사열에 외부 온도가 미치는 영향이 있기 때문이다. 실제 방사열에 관한 연구를 살펴보면 온도 습도에 따른 방사열의 변화로 인하여 적외선 측정기의 방사열을 보정하는 방식을 사용하고 있다(Bernard 등, 2013; Vellvehi 등, 2011). 하지만 방사열의 보정을 통하여 모든 외부 환경을 통제할 수 없다.

영하 3.3 °C, 습도 52 %의 환경에서 진행된 실험은 우리나라의 겨울철 기온에서 거리에 따른 온도 변화를 측정하기 위한 실험이다. 40 °C의 고무관을 비접촉 체온계의 적정 사용 범위인 3 cm에서부터 최대 10 cm까지 거리에 따라 온도를 측정 한 결과, 3 cm에서부터 유의한 차이가 발생하며 거리가 멀어질수록 2 °C 이상의 온도 차이가 발생하였다(Fig 3). 온도 23.9 °C 습도 59 %의 환경에서 진행한 실험(Fig 4)과 비교하였을 때 영하의 온도는 더 가까운 거리에서 유의한 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 이는 외부 환경인 영하의 온도가 비접촉 체온계의 측정값에 많은 영향을 끼친 것을 알 수 있었다.

온도 23.9 °C, 습도 59 %의 환경에서 진행되었으며 이 환경은 우리나라의 봄과 가을철 기온에서 거리에 따른

온도 변화를 측정하기 위한 실험으로 37 °C의 고무관을 거리에 따라 측정 한 결과, 5 cm 이후 거리부터 유의한 차이(0.8 °C 이상의 온도 차이)가 생기며 거리가 멀어질수록 1.1 °C 이상의 온도 차이가 발생하였다.

여름철 환경을 만들어 주기 위하여 온도 40.3 °C, 습도 45 %의 환경에서 진행되었으며 37 °C의 고무관을 거리에 따라 측정 한 결과, 5 cm 이후 거리부터 유의한 차이(0.3 °C 이상의 온도 차이)가 발생하며 거리가 멀어질수록 0.8 °C 이상의 온도 차이가 발생하였다. 이 실험에서는 거리가 멀어질수록 측정값이 상승하였다. 이는 외부 환경인 주변 온도가 높으면 측정 온도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다(Fig 5).

온도 1.9 °C, 습도 81 %의 환경은 겨울철 환경에서 습도차를 확인하기 위하여 실험을 진행하였다. 38.5 °C의 고무관을 거리에 따라 측정 한 결과 비접촉 체온계의 적정 사용 범위인 3 cm에서부터 유의한 차이가 발생하며 거리가 멀어질수록 1.2 °C 이상의 온도 차이가 발생하였다. 이는 Fig 3와 동일하게 비접촉 체온계가 외부의 환경에 많은 영향을 받은 것을 알 수 있었다(Fig 6). 앞선 실험을 토대로 습도 52 %와 81 %인 환경에서 진행된 실험을 비교해보았을 때 거리에 따라 유의한 차이가 발생하는 것을 알 수 있었으며, 습도가 낮은 환경에서 더 많은 오차 범위가 발생하는 것을 알 수 있었다.

또 다른 환경을 위하여 여름철 장마 환경인 온도 23.8 °C, 습도 99 %의 환경에서 진행되었으며, 36 °C의 고무관을 거리에 따라 측정 한 결과 7 cm 이후 거리부터 유의한 차이가 발생하며 거리가 멀어질수록 0.5 °C 이상의 온도 차이가 발생하였다. 이것은 습도가 높을수록 비접촉 체온계에 미치는 영향이 적음을 알 수 있다.

마지막으로 우리나라의 봄과 가을 기온인 24.1±1 °C의 환경에서 습도 변화에 따른 온도의 오차범위를 확인하기 위해 진행되었다. 습도 59 %와 99 %인 환경에서 진행된 실험을 비교해보았을 때 거리에 따른 유의한 차이가 발생하는 것을 알 수 있었으며, 습도가 낮은 환경에서 더 많은 오차 범위가 발생하는 것을 알 수 있었다.

V. 결론

본 연구의 결과 우리는 비접촉 체온계가 외부 환경 및 거리에 따라 측정값에 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 특히 외부 온도가 낮을수록, 날씨가 건조할수록, 측정 거리가 멀어질수록 비접촉 체온계의 정확성이 떨어지며 외부 온도 0 °C와 25 °C에서 실시한 실험을 비교하였을 때 0 °C에서 1 °C의 오차범위가 생기는 것을 알 수 있었다. 또한, 측정 거리에 따라 최대 2.5 °C의 온도 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다.

따라서 본 연구의 결과 낮은 온도와 낮은 습도는 비접촉 온도계의 측정 오차 범위를 증가시킬 수 있으며, 최대 2 °C 이상의 온도 차이가 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 측정 거리별 차이에서 보면 외부 환경과 상관없이 5 cm 이상에서 실제 온도와 유의하게 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 따라서 비접촉 체온계 사용 시 5 cm 이내에서 측정해야 하며 그 이상의 온도 측정은 의미가 없다고 할 수 있다. 따라서 현재의 측정 방식은 참고만 될 뿐 실제 감염된 환자를 분리할 수 또 다른 보안이 있어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Abdelkarim A(2020). Creating predoctoral orthodontic laboratory online modules and a complete course kit in response to COVID-19. *J Dent Educ*, <https://doi.org/10.1002/jdd.12359>.
- Bernard V, Staffa E, Mornstein V, et al(2013). Infrared camera assessment of skin surface temperature-effect of emissivity. *Phys Med*, 29(6), 583-591. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2012.09.003>.
- Chang DG, Park JB, Baek GH, et al(2020). The impact of COVID-19 pandemic on orthopaedic resident education: a nationwide survey study in South Korea. *Int Orthop*, 44(11), 2203-2210. <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04714-7>.
- Chong Y, Ikematsu H, Tani N, et al(2020). Clinical significance of SARS-CoV-2-specific igG detection with a rapid antibody kit for COVID-19 patients. *Influenza Other Respir Viruses*, Printed Online. <https://doi.org/10.1111/irv.12802>.
- Cugmas B, Susteric P, Gorenjec NR, et al(2020). Comparison between rectal and body surface temperature in dogs by the calibrated infrared thermometer. *Vet Anim Sci*, 9, Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100120>.
- Dai LL, Wang X, Jiang TC, et al(2020). Anxiety and depressive symptoms among COVID-19 patients in jiangnan fangcang shelter hospital in Wuhan, China. *PLoS One*, 15, Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238416>.
- Deftereos S, Giannopoulos G, Vrachatis DA, et al(2020). Colchicine as a potent anti-inflammatory treatment in COVID-19: can we teach an old dog new tricks?. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother*, 6(4), Printed Online. <https://doi.org/10.1093/ehjcvp/pvaa033>.
- Dorschug A, Schwanbeck J, Hahn A, et al(2020). Evaluation of the xiamen amonmed biotechnology rapid diagnostic test COVID-19 igM/igG test kit (colloidal gold). *Eur J Microbiol Immunol (Bp)*, 10(3), 178-185. <https://doi.org/10.1556/1886.2020.00029>.
- Faes C, Abrams S, Van BD, et al(2020). Time between symptom onset, hospitalisation and recovery or death: statistical analysis of Belgian COVID-19 patients. *Int J Environ Res Public Health*, Preprinted Online. <https://doi.org/10.1101/2020.07.18.20156307>.
- Fletcher T, Whittam A, Simpson R, et al(2018). Comparison of non-contact infrared skin thermometers. *J Med Engineering & Technol*, 42(2), 65-71. <https://doi.org/10.1080/03091902.2017.1409818>.
- Gefen A(2020). Infrared thermography, COVID-19 and pressure ulcer risk. *J Wound Care*, 29(9), 483-484. <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.9.483>.
- Geppert CMA(2020). The dog days of COVID-19. *Fed Pract*, 37, 300-301.
- Gulsen A, Yigitbas BA, Uslu B, et al(2020). The effect of

- smoking on COVID-19 symptom severity: systematic review and meta-analysis. *Pulm Med*, 2020, Printed Online. <https://doi.org/10.1155/2020/7590207>.
- Hu CS(2020). Analysis of COVID-19 cases and public measures in China. *SN Compr Clin Med*, 2, 1306-1312. <https://doi.org/10.1007/s42399-020-00426-6>.
- Huh KM, Jung JH, Hong JW, et al(2020). Impact of non-pharmaceutical interventions on the incidence of respiratory infections during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in Korea: a nationwide surveillance study. *Clin Infect Dis*, Printed Online. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1682>.
- Jendry P, Schulz C, Twele F, et al(2020). Scent dog identification of samples from COVID-19 patients - a pilot study. *BMC Infect Dis*, 20(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-05281-3>.
- Kim JE, Lee JH, Lee HC, et al(2020a). COVID-19 screening center models in South Korea. *J Public Health Policy*, Printed Online. <https://doi.org/10.1057/s41271-020-00258-7>.
- Kim SW, Jo SJ, Lee HY, et al(2020b). Containment of a healthcare-associated COVID-19 outbreak in a university hospital in Seoul, Korea: a single-center experience. *PLoS One*, 15(8), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237692>.
- Liu Y, Chen H, Zhang N, et al(2020a). Anxiety and depression symptoms of medical staff under COVID-19 epidemic in China. *J Affect Disord*, 278, 144-148. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.09.004>.
- Liu Z, Magal P, Webb G(2020b). Predicting the number of reported and unreported cases for the COVID-19 epidemics in China, South Korea, Italy, France, Germany and United Kingdom. *J Theor Biol*, 509, Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2020.110501>.
- Lubkowska A, Gajewska E(2020). Temperature distribution of selected body surfaces in scoliosis based on static infrared thermography. *Int J Environ Res Public Health*, 17(23), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238913>.
- McFarland R, Barrett L, Fuller A, et al(2020). Infrared thermography cannot be used to approximate core body temperature in wild primates. *Am J Primatol*, 82(12), Printed Online. <https://doi.org/10.1002/ajp.23204>.
- Mengal M, Sahito IA, Arbab AA, et al(2016). Fabrication of a flexible and conductive lyocell fabric decorated with graphene nanosheets as a stable electrode material. *Carbohydr Polym*, 152(5), 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.06.099>.
- Oliva JL, Johnston KL(2020). Puppy love in the time of corona: dog ownership protects against loneliness for those living alone during the COVID-19 lockdown. *Int J Soc Psychiatr*, Printed Online. <https://doi.org/10.1177/0020764020944195>.
- Rad AS, Ardjmand M, Esfahani MR, et al(2020). DFT calculations towards the geometry optimization, electronic structure, infrared spectroscopy and UV-vis analyses of favipiravir adsorption on the first-row transition metals doped fullerenes; a new strategy for COVID-19 therapy. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 247, Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.119082>.
- Ren L, Fan G, Wu W, et al(2020). Antibody responses and clinical outcomes in adults hospitalized with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): a post hoc analysis of LOTUS China trial. *Clin Infect Dis*, Printed Online. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1247>.
- Sathiyabarathi M, Jeyakumar S, Manimaran A, et al(2016). Investigation of body and udder skin surface temperature differentials as an early indicator of mastitis in holstein friesian crossbred cows using digital infrared thermography technique. *Vet World*, 9(12), 1386-1391. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.1386-1391>.
- Schober P, Lust EJ, Heunks LMA, et al(2020). Thinking out-of-the-box: a non-standard application of standard pulse-oximetry and standard near-infrared spectroscopy in a COVID-19 patient. *J Intensive Care Med*, Printed Online. <https://doi.org/10.1177/0885066620965167>.

- Smith DS, Richey EA, Brunetto WL(2020). A symptom-based rule for diagnosis of COVID-19. *SN Compr Clin Med*, Printed Online. <https://doi.org/10.1007/s42399-020-00603-7>.
- Sorbello M, Morello G, Pintaudi S, et al(2020). COVID-19: intubation kit, intubation team, or intubation spots?. *Anesth Analg*, 131(2), e128-e130. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004970>.
- Ture H, Oguz A(2020). All in one: COVID-19 personal protective equipment kit. *Turk J Anaesthesiol Reanim*, 48(4), 340-341. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2020.769>.
- Uddin J, McNeill DM, Lisle AT, et al(2020). A sampling strategy for the determination of infrared temperature of relevant external body surfaces of dairy cows. *Int J Biometeorol*, 64(9), 1583-1592. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01939-4>.
- Vellvehi M, Perpina X, Lauro GL, et al(2011). Irradiance-based emissivity correction in infrared thermography for electronic applications. *Rev Sci Instrum*, 82(11), Printed Online. <https://doi.org/10.1063/1.3657154>.
- Zhang J, Chai C, Li L, et al(2020). COVID-19 with pleural effusion as the initial symptom: a case study analysis. *Ann Palliat Med*, 9(5), 3710-3715. <https://doi.org/10.21037/apm-20-1720>.