

## 近紅外線額溫計之性能評估

吳宗儒<sup>1</sup>、陳濤<sup>1</sup>、陳宏源<sup>1</sup>、陳加忠<sup>2\*</sup>

**摘要** 由於中國新型冠狀病毒(COVID-19)·俗稱武漢肺炎之廣泛流行·防疫工作十分緊急。如同以往 SARS 與 H1N1 流感之防疫作業·體溫量測成為主要使用的技術·用以篩檢可能的感染患者。因為使用上的方便性·紅外線額溫計比紅外線耳溫計或是其他傳統接觸型溫度計·被廣為採用快速量測人體溫度量測工具。但是此型額溫計之使用性能缺乏國際標準·因此在特定溫度範圍內下的量測允許誤差·尚未有官方資訊。在研究中·針對國立中興大學各單位現行使用的額溫計·以溫度校正爐建構的黑體溫度環境·進行性能評估。其量測溫度為 34°C、36°C 與 38°C。研究對象共有 7 種廠牌·共 54 只。量測結果顯示其誤差範圍分佈極為分散·相同廠牌之重現性不良。以歐盟規範耳溫計之公差要求標準進行評估·僅有少數廠牌合乎規範。為能有效提供正確體溫量測結果以協助防疫工作。額溫計之標準量測技術與耳溫計檢定檢查技術規範必須盡速建立。

**關鍵字**：新型冠狀病毒、體溫、額溫計、量測公差

## Performance Evaluation of the Forehead Infrared Thermometer

Zong-Ru Wu<sup>1</sup>, Tau Chen<sup>1</sup>, Hong-yuan Chen<sup>1</sup> and Chiachung Chen<sup>2</sup>

**ABSTRACT** As the widely spread of China novel coronavirus (COVID-19) all over the world, possible patient screening is so important and emergency. Same as the SARS and H1N1 diseases, the body temperature measurement becomes the main technique for screening of persons to isolate the possible patients. Because the forehead infrared thermometer (IRT) is the most convenient to use than the tympanic infrared thermometer and other contact-type thermometers, it is commonly used to rapidly measure the body temperature. However, no international standards about the official tolerance of this forehead infrared thermometer could be found. In this study, the black cavity temperature that composed using a temperature calibrator is used as the standard temperature. The performance of forehead IRTs from different manufacturers that now be used in the different departments and units of National Chung Hsing University were evaluated. The measured temperatures were 34°C, 36°C and 38°C. There were seven brands and fifty-four units. The results indicated that the error range was widely. Poor reproducibility was found for different units of the same brand. If the tolerance of EU standard was employed as the criteria for further evaluation, only few units could meet the requirement. In order to provide the useful information of body temperature measurement and then help the quarantine, the standard measurement method, the testing & checking techniques and guide for forehead infrared thermometer needs to be established urgently.

**Keywords:** COVID-19, body temperature, forehead infrared thermometer, tolerance

<sup>1</sup> 國立中興大學生物產業機電工程學系研究生。Graduate student, Dept. of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University, Taiwan.

<sup>2</sup> 國立中興大學生物產業機電工程學系教授。Professor, Dept. of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University, Taiwan.

\*通訊作者。Corresponding Author. E-mail: ccchen@nchu.edu.tw

## 一、前言

體溫為人體生理活動與健康的一個指標。特別是在小兒科、外科手術及一般的急診室體溫量測十分重要<sup>13,23</sup>。在 SARS 與 H1N1 新流感防治時期時，體溫量測是必要的工作。醫生可依體溫與其他徵兆來判別病人的狀況。在 SARS 與 H1N1 新流感時期，檢疫人員可依體溫判別是否該隔離。2020 年中國武漢肺炎(COVID-19 coronavirus)肆虐全球，體溫量測再度成為公共場所篩選可能病人的防疫技術，尤其額溫量測。以此方法用於保護免除中國新型冠狀病毒的傳播。非接觸式額溫計的應用受到關切問題在於其準確性。額溫量測可以與其他溫度計之量測值互換使用嗎？額溫計的性能與其量測技術引起質疑<sup>33</sup>。

早期量測體溫的方式大都使用接觸型水銀溫度計。由於技術之進步，電子式溫度計廣泛被採用。使用方式是屬於接觸型。量測部位可分為口腔舌下，肛門直腸、腋下、尿道基部等<sup>10,30</sup>。

近年來，體溫量測要求快速、方便及使用安全，因此耳溫與額溫之紅外線體溫計的開始為醫界廣為使用，但是此型溫度計的量測性能需要探討。

Pusnik 等<sup>22</sup>對於紅外線耳溫計的應用提出如下問題：1.紅外線耳溫計量得之耳溫與接觸型溫度計量測其他部位之溫度比較；2.如何改善耳溫計本身設計問題；3.紅外線耳溫計使用環境與正確的使用步驟。

人體體溫量測位置的代表意義與耳溫計之測試性能及其本身準確度也是重要議題<sup>20</sup>。

紅外線體溫計由其量測基本原理可知最重要的影響因子是物體表面放射率(Emissivity,  $\epsilon$ )。理想上的黑體放射率為 1.0，人體的表面放射率則小於 1.0。在非接觸式 IRT 中，最重要的影響因素是物體的表面發射率。錯誤的發射率直接影響溫度測量的準確性。黑體的發射率是 1.0，這意味著它可以完全釋放其能量。假設鼓膜的發射率為 1.0，皮膚的發射率為 0.976 至 0.984<sup>5,27,32</sup>。

人體體溫量測的影響因子十分複雜<sup>26,28</sup>。Erickson 與 Kirklin<sup>11</sup>以統計技術比較肛溫與耳溫，耳溫以紅外線溫度計量測，肛溫以感測元件為熱電敏溫度計量測。結果顯示兩者無顯著差別。耳溫比肛溫高出 1.39°C 或低於 1.10°C，兩者相關性不高。

Erickson 與 Kirklin<sup>11</sup>進行侵入式量測技術，以肺動脈溫度為指標，分別比較耳溫、膀胱溫度、口溫與腋溫。以肺動脈溫度為標準溫度與各部位溫度之差異為耳溫：

0.07 ± 0.41°C，膀胱溫度：0.03 ± 0.23°C，口溫：0.05 ± 0.26°C，腋溫：-0.68 ± 0.57°C。比較結果顯示接近肺動脈溫度是膀胱溫度與口溫，其次是耳溫，而腋溫值則是低估。

Patel 等<sup>21</sup>比較食道溫度、耳溫與額頭表面溫度之相關性。各部位之間的溫度差範圍為食道與額溫：-1.64°C~2.32°C，食道與耳溫：-1.02°C~0.74°C，耳溫與額溫：-1.48°C~2.52°C。三者種溫度量測值：額頭表面溫度、食道溫度與耳溫，其相關係數不高。額溫不能代表身體核心溫度。

Valle 等<sup>30</sup>進行耳溫與肛溫之比較。結果顯示耳溫與肛溫相關性不高。量測耳溫時需要考慮耳溫計感測探頭停留在耳道的時間與探頭放置於耳道內部的適當位置。耳溫計對發燒情形檢測並不敏感，適用在一般繁忙醫院之檢溫工作。

Robb 與 Shahab<sup>24</sup>探討紅外線耳溫計對有流出物時之耳炎其溫度量測性能。假設檢定結果，顯示耳炎並不影響耳溫之量測。成對檢定的結果，顯示左右耳之溫度無顯著差別，耳溫量測適用年齡層廣。但不適合 3 個月以下之嬰兒。

Varney 等<sup>31</sup>量測比較耳溫與口溫，認為都無法充分顯示出發燒警訊。故在量測數據無法判別下，仍需要量測肛溫以作為判斷指標。耳溫量測值受到耳垢與耳炎等耳道內部環境之影響，而肛溫並無法即時反應體溫變化。

Newsham 等<sup>17</sup>使用紅外線耳溫計與肛溫計來觀察運動選手之運動過程體溫的變化。結果顯示耳溫計能準確地反應出體溫的變化。Kiernan<sup>13</sup>認為因下視丘為人體控制溫度的部位，而耳膜最接近此部位，可代表人體溫度。然而量測時為了接收耳膜發出之熱源，需將耳朵往後上方輕拉，才能準確量得耳溫。量耳溫應該取最高值，非平均值。此觀點與 Fraden 等<sup>12</sup>相同。

人體生理學顯示，下視丘是主宰人體核心溫度(core temperature)，為真正的體溫。因為下視丘含有感溫細胞，且在下視丘前部有散熱中樞，後部有產熱中樞。當血液由血管流經下視丘，如果血液溫度不在正常範圍時，散熱與產熱中樞便發揮調解作用，使核心溫度維持恆定。所以下視丘可代表人體核心溫度的部位<sup>6</sup>。耳膜(tympanic membrane)是人體外最接近下視丘的部位，且充分得到頸動脈血流的供應。以非侵入人體的方式即可量測其溫度，其因周圍佈滿微血管，最接近人體核心溫度的部位，故其足以代表人體體溫<sup>7,14,15,25,29</sup>。

量測體溫時，除了使用儀器本身的性能與準確性也

應加以考慮。

由於快速、使用簡單且非侵入性，紅外線溫度計被普遍使用。隨著紅外線溫度計廣泛利用，其缺點開始受到質疑；例如紅外線溫度計本身設計準確度問題與其所依據之標準為何？使用者是否熟知紅外線溫度計之使用要領。

Pušnik 等<sup>22</sup> 探討紅外線耳溫計校正之黑體腔，以相同之耳溫計在相同條件下，測試三種不同型式之黑體。分別為(a)EN (CEN, 2003)；(b)ASTM (ASTM Standards, 1998)；(c)JIS (Japan Measuring Instruments Federation, 2001)。結果顯示三種不同之黑體腔所測試之溫度值並無顯著差異。

美國材料與測試協會(ASTM)<sup>4</sup> 之臨床溫度計標準如下：37~39°C誤差在±0.10°C內，36~37°C與39~41°C誤差在±0.20°C內。在近紅外線溫度計的量測不確定研究中，經過校正之廠牌其不確定度為0.2°C以下<sup>9</sup>。近紅外線溫度計的量測性能成為體溫量測技術的重要考量因子。

2003年，亞洲地區發生嚴重急性呼吸道症候群，俗稱 SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome)，此 SARS 風暴造成許多國家的恐慌。人體患有 SARS 病毒，其體溫會比正常值高，因此以溫度量測判別是否感染<sup>16,18,19,20</sup>。在2009年 H1N1 流行性感官開始泛濫，體溫量測再度成為篩選病毒可能感染之方法。

2020年2月之後，新型冠狀病毒 (COVID-19) 已遍布世界各地。溫度測量用於快速篩查可能感染的人群。由於易於使用，快速，非接觸式且價格低廉，非接觸式手持式額溫計被廣泛採用。但是，這些設備的性能並未受到進一步的關注，並且該設備的可靠性令人懷疑<sup>33</sup>。

為了篩檢武漢肺炎(COVID-19 coronavirus)的可能感染，現在在機場、學校、醫院及公共出入場所等，已開始使用紅外線溫度計來檢測人體溫度，以作為是否隔離檢疫之依據。由於紅外線體溫計有兩型：耳溫式與額溫式。耳溫式之量測位置為耳溫。額溫計除了直接量測額溫也被應用量測臂溫。量測之影響因子包括紅外線溫度計之校正，量測對象之身體狀態，量測位置與環境等。因此使用紅外線溫度計來檢測人體溫度其量測性能需要深入研究，以做為人體體溫量測技術之改善應用。

此研究計劃之目的在於進行國內校園所使用近紅外線額溫計之性能評估。以此研究結果，做為流行病傳染預防作業中，體溫標準量測程序之參考。

## 二、研究方法

### (一)、使用儀器

以國立中興大學各行政單位與各學系所使用的額溫計為量測現象，評估其準確性與重現性(Reproducibility)。共有7種廠牌，共計45只。

1. B-8877 共 33 只
2. B-HT820 共 4 只
3. MCL 共 3 只
4. SGE 共 2 只
5. TES 1 只
6. KCL 1 只
7. EAT 1 只

這些額溫計均為非接觸使用方式。其放射率無法調整。以黑體溫度為標準值。各黑體溫度下的量測值(Reading value)與標準值(Standard value)的差異稱為誤差值。

$$\text{Err} = \text{Reading value} - \text{Standard value} \quad (1)$$

誤差值為正，代表此額溫計量測為高估。如果誤差值為負，代表此額溫計量測為低估。

重現性的性能評估係以相同廠牌不同機只在相同溫度下的讀出值進行比對。

### (二)、校正技術

以標準溫度產生器(TC-2000 型)製作標準黑體溫度，用以進行34°C、36°C與38°C等3固定溫度下，進行上述額溫計之性能評估。此種校正技術參考已有研究<sup>8,9</sup>。

## 三、結果與討論

### (一) B-8877

此廠牌共有33只。分別以三個標準溫度值進行性能評估。

以11只B-8877之量測值對標準值之分佈如圖1所示。其誤差對標準值之分佈如圖2所示。由圖1可知，B-8877之性能分佈數據點並非直線，而是曲線分佈。在4°C的量測範圍之內，此型額溫計之量測性能並非線性。圖2顯示量測值於34°C與36°C之標準環境，幾乎為高估值。量測值高於標準值。在38°C之環境下，由誤差則各有高估或低估。第二組與第三組各11只B-8877之量測誤差對標準值如圖3與圖4。其數據分佈近似於圖2。在34°C與36°C之標準溫度，此量測值為高估。在38°C之環境，誤差有高估與低估。由於數據分布接近，無法以單一圖形顯示33組數據，因此各以11只額溫計之量測結果分別呈現。

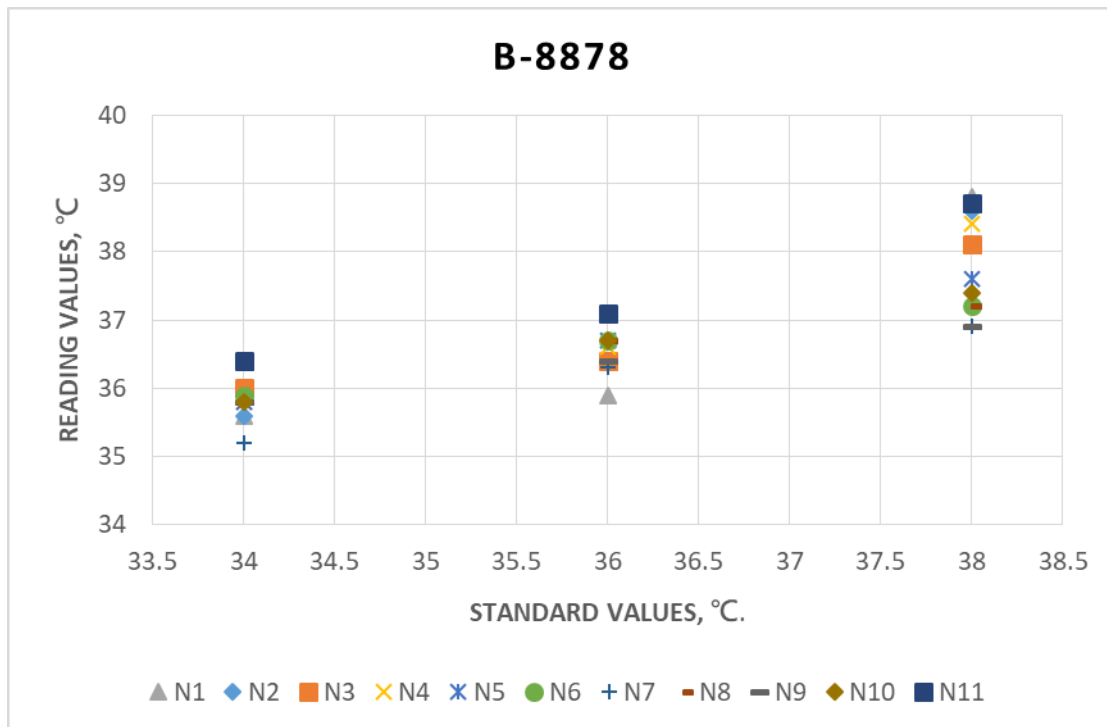


圖 1、11 只 B-8877 額溫計之量測值對標準值之分佈

Fig. 1 The distribution between measurement values and standard values of 11 units of the B-8877 forehead infrared thermometer

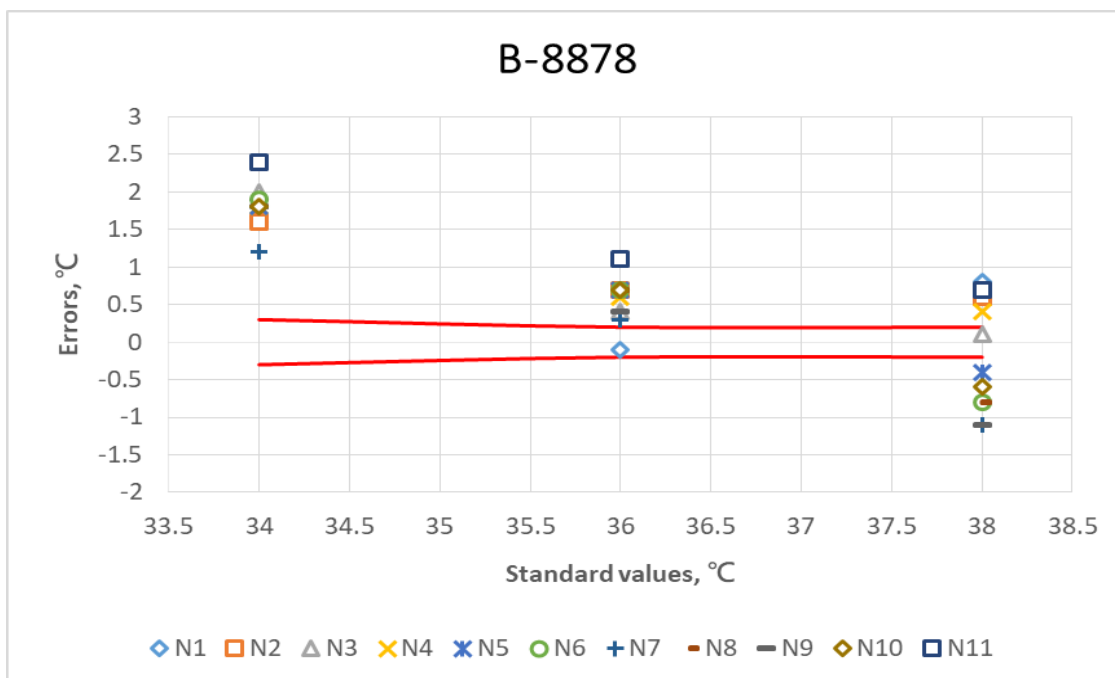


圖 2、第一批 11 只 B-8877 額溫計之誤差對標準值之分佈

Fig. 2 The distribution between errors and standard values of the first batch 11 units of the B-8877 forehead infrared thermometer

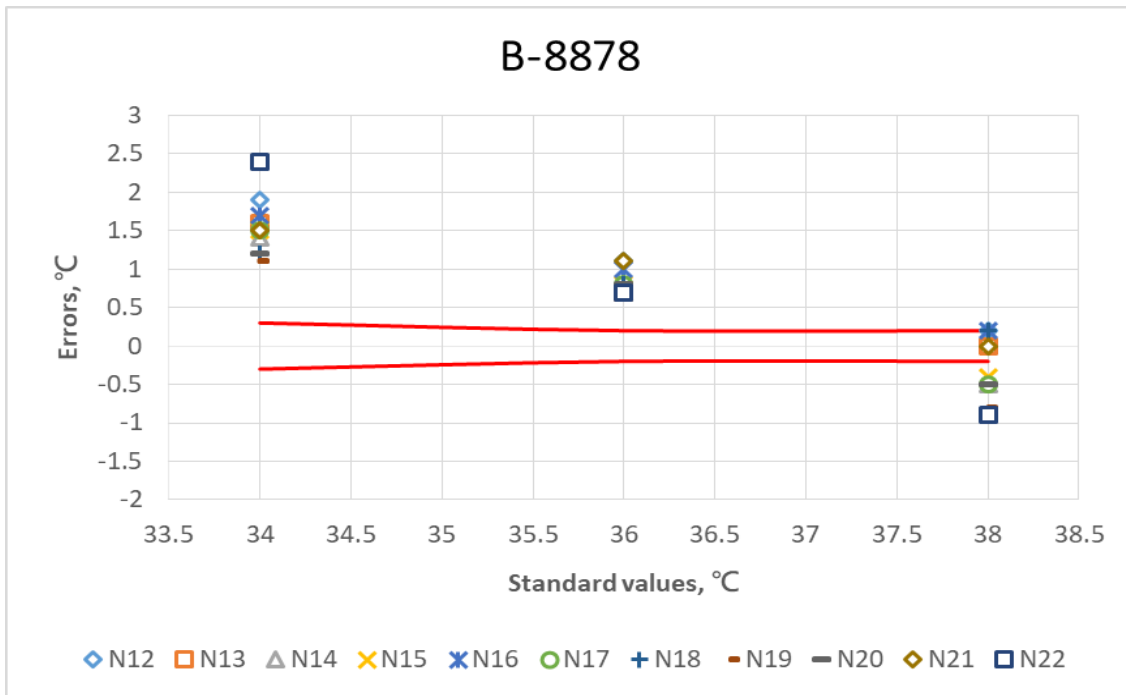


圖 3、第二批 11 只 B-8877 額溫計之誤差對標準值之分佈

Fig. 3 The distribution between errors and standard values of the second batch 11 units of the B-8877 forehead infrared thermometer

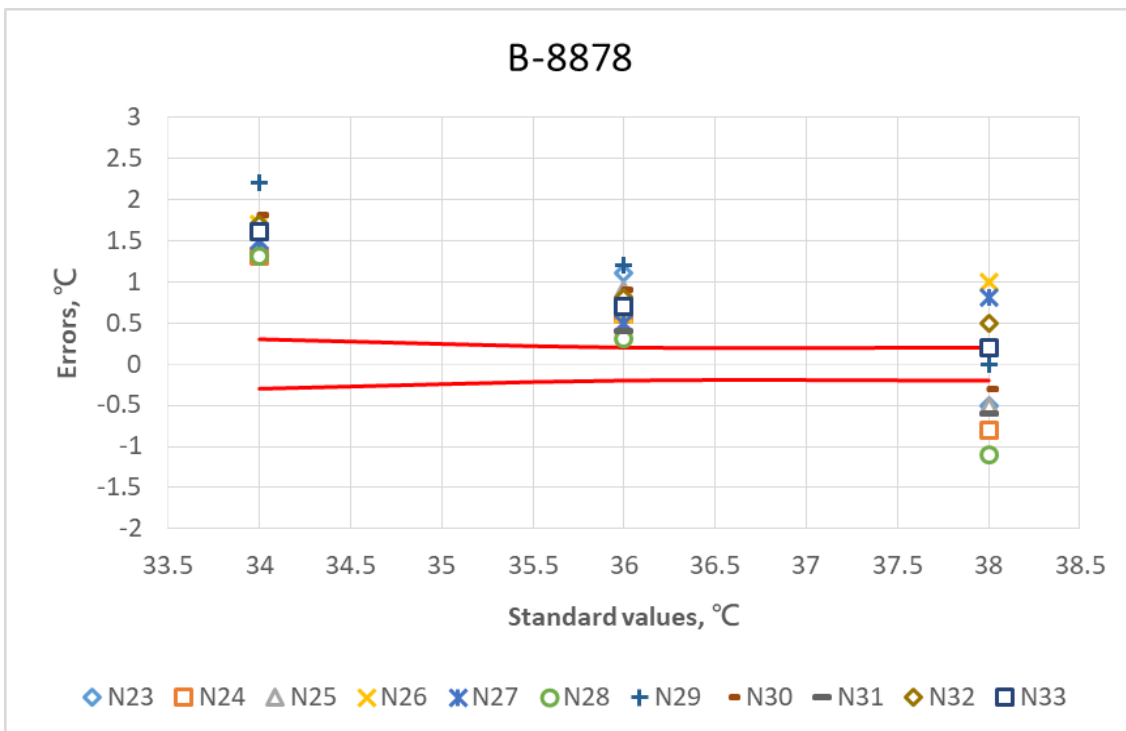


圖 4、第三批 11 只 B-8877 額溫計之誤差對標準值之分佈

Fig. 4 The distribution between errors and standard values of the third batch 11 B-8877 forehead infrared thermometer

在 34°C、36°C與 38°C三個溫度環境下，B-8877 額溫計之量測值與誤差值其統計分析如表 1 與表 2。三個溫度計之下其誤差變異係數分別為 19.1%、38.6%與 32.5%。顯示此型額溫計之重現性(Reproducibility)不夠精密。

由表 1 統計量配合統計 Z 分佈評估體溫量測誤判之風險性。額溫 36°C，量測平均值為 36.712°C，標準差 0.275°C。以 37.5°C 為發燒判別標準， $Z=(37.5-36.712)/0.275=2.87$ ，在正常體溫會有 0.25%

之機率誤判為發燒。若以內插法，量測對象之額溫為 37.5°C時，B-8877 讀出值為 37.53，標準差為 0.524°C。此額溫計讀出值低於 37.5°C 之機率為： $(37.53-37.5)/0.524=0.057$ 。以 Z-分配可知約有 52%受測者被誤判為沒有發燒。

此統計分佈結果，代表此型額溫計對於正常額溫(36.0°C)，誤判率低(0.25%)。但對發燒人員(額溫標準為 37.5°C)，誤判率將高達 52%。

表 1、B-8877 型額溫計其量測性能統計量

Table 1 The statistics of the measurement performance of B-8877 forehead infrared thermometer

統計量	34°C	36°C	38°C
平均值	35.651	36.712	37.803
標準差	0.316	0.275	0.607
變異係數(%)	0.886	0.749	1.606
最小值	35.1	35.9	36.9
最大值	36.4	37.2	39.0
樣本數目	33	33	33

Note: 變異係數(coefficient of variance)=標準差/平均值

表 2、B-8877 型額溫計其量測誤差統計量

Table 2 The statistics of the measurement errors of B-8877 forehead infrared thermometer

統計量	34°C	36°C	38°C
平均值	1.652	0.712	0.197
標準差	0.316	0.275	0.607
變異係數(%)	19.1	38.6	32.5
最小值	1.1	-0.1	-1.1
最大值	2.4	1.2	1.0
樣本數目	33	33	33

(二) B-HT820

在三個標準溫度下，4 只 B-HT820 之讀出值其數據分佈如圖 5。其量測誤差數據之分佈如圖 6。此型額溫計在 36°C標準環境下有極佳之重現性。其固定誤差為高估，固定為 0.5°C。三個標準溫度下，在 34°C與 36°C，量測值均為高估。在 38°C高估則為低估。

此型額溫計其性能統計量如表 3。與 B-HT8877 比

較，其精密性較佳，但是誤差值較大。在 34~38°C之範圍，此額溫計量測值之平均值其數據範圍為 36.125~37°C。標準值變化範圍為 4°C(34-38°C)。

由於樣本數為 4 只，因此無法以 Z 分佈評估性能。在 36°C環境，4 只 B-HT820 其讀出值完全相同，但是在發燒關鍵 37.5，因其誤差為低估，將產生嚴重誤判。

(三) MCL 型

三只 MLC 額溫計之量測值與誤差值分佈如圖 7 與圖 8。在 36°C 溫度，三只額溫計之變異較小。在 34°C 與

38°C 有較高的變異，34°C 與 36°C 之環境，此額溫計為高估。在 38°C 則有高估與低估現象。由圖 6 三個環境溫度下之量測值分佈，此型額溫計之性能並非線性。

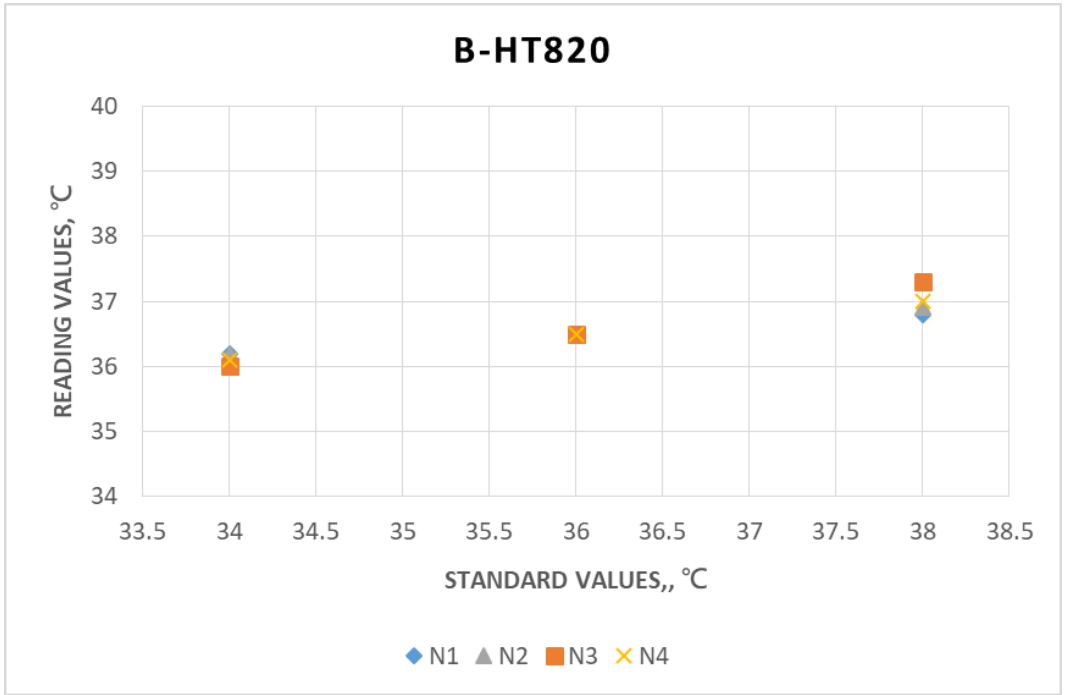


圖 5、4 只 B-HT820 額溫計之量測值對標準值之分佈

Fig. 5 The distribution between measurement values and standard values of 4 B-HT820 forehead infrared thermometer

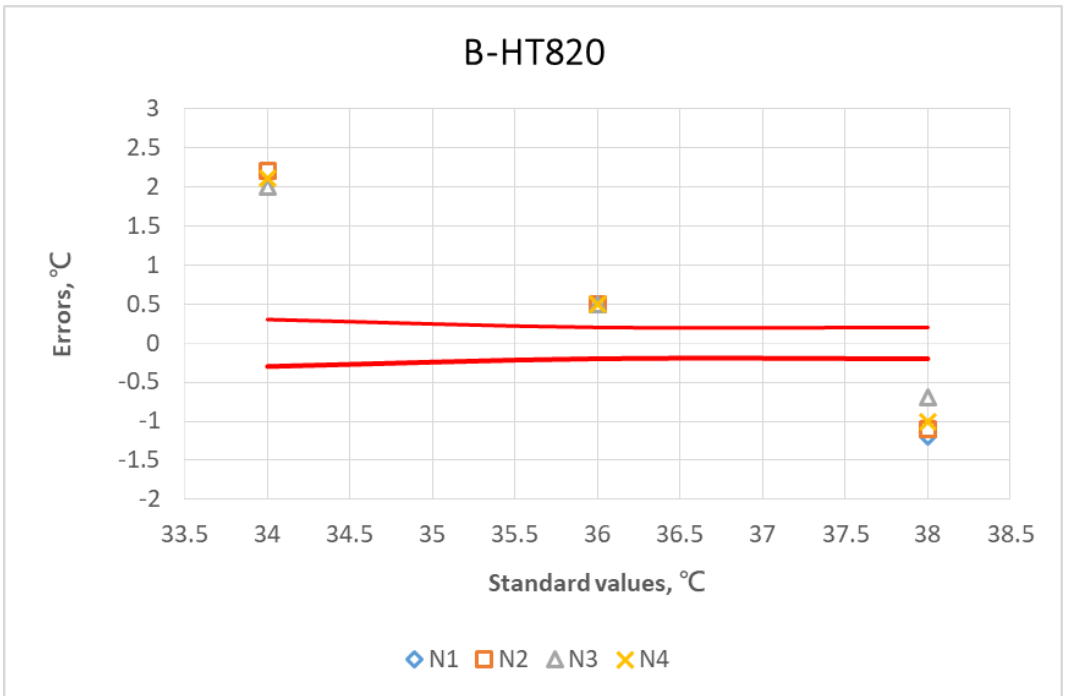


圖 6、4 只 B-HT820 額溫計之誤差對標準值之分佈

Fig. 6 The distribution between errors and standard values of the 4 units of the B-HT820 forehead infrared thermometer

表 3. B-HT820 型額溫計其量測誤差統計量

Table 3. The statistics of the measurement performance of B-HT820 forehead infrared thermometer

統計量	34°C	36°C	38°C	34°C	36°C	38°C
	量測值	量測值	量測值	誤差	誤差	誤差
平均值	36.125	36.5	37	2.125	0.5	-1
標準差	0.096	0	0.216	0.096	0	0.216
變異係數(%)	0.266	0	0.584	4.5	0	21.6
最小值	36	36.5	36.8	2	0.5	-1.2
最大值	36.2	36.5	37.3	2.2	0.5	-0.7
樣本數目	4	4	4	4	4	4

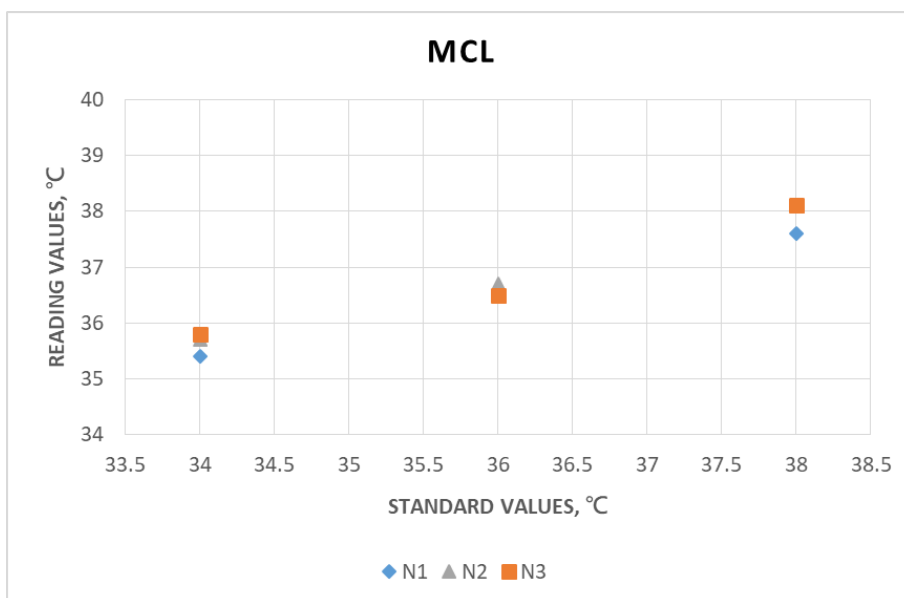


圖 7、3 只 MLC 額溫計之量測值對標準值之分佈

Fig. 7 The distribution between measurement values and standard values of 3 units of the MLC forehead infrared thermometer

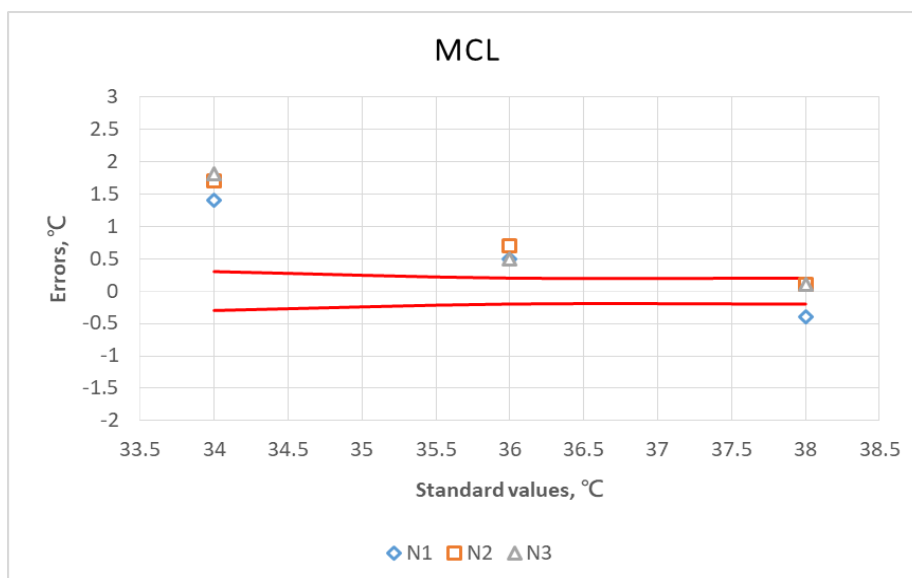


圖 8、3 只 MLC 額溫計之誤差對標準值之分佈

Fig. 8 The distribution between errors and standard values of the 3 units of the MLC forehead infrared thermometer



(四)其他型式

其他額溫計包括 SEG 型 2 只，TES，KCI 與 EAT 型各 1 只。其量測數據與誤差分佈如圖 9 與圖 10。數據分

佈均非線性。圖 9 顯示，在 34°C 環境，5 只額溫計其讀值均高估。36°C 環境下，TES 與 KCI 型為低估，其他 3 只為高估。在 38°C 環境下，EAT 型為高估。

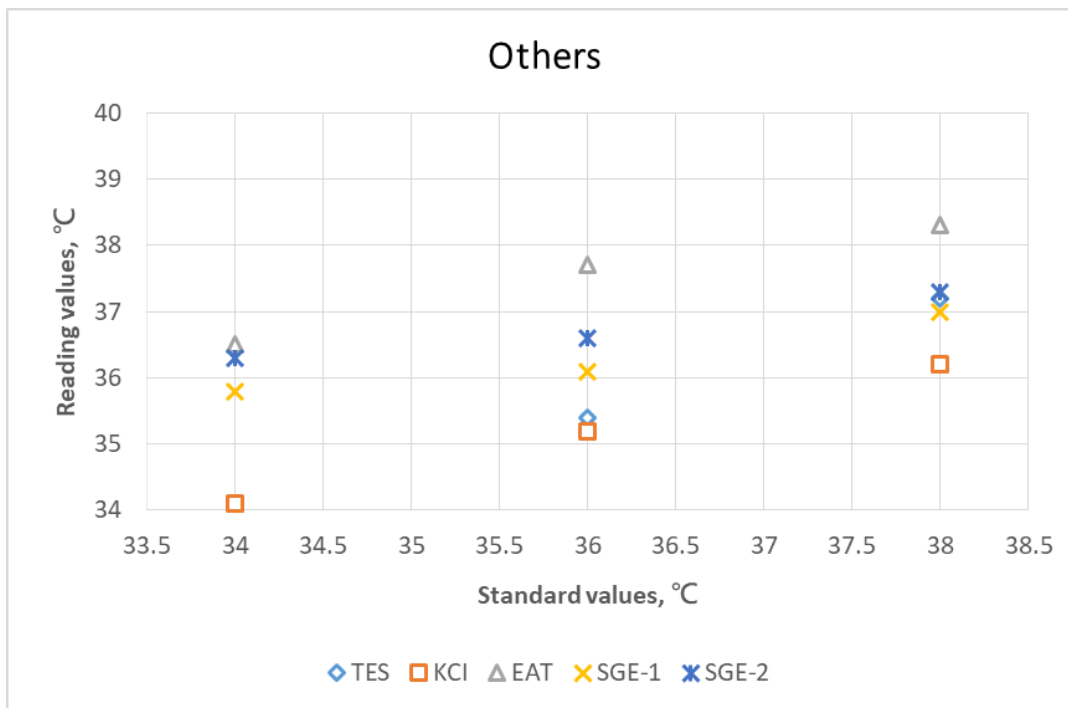


圖 9、其他廠牌額溫計之量測值對標準值之分佈

Fig. 9 The distribution between measurement values and standard values of others units of the forehead infrared thermometer

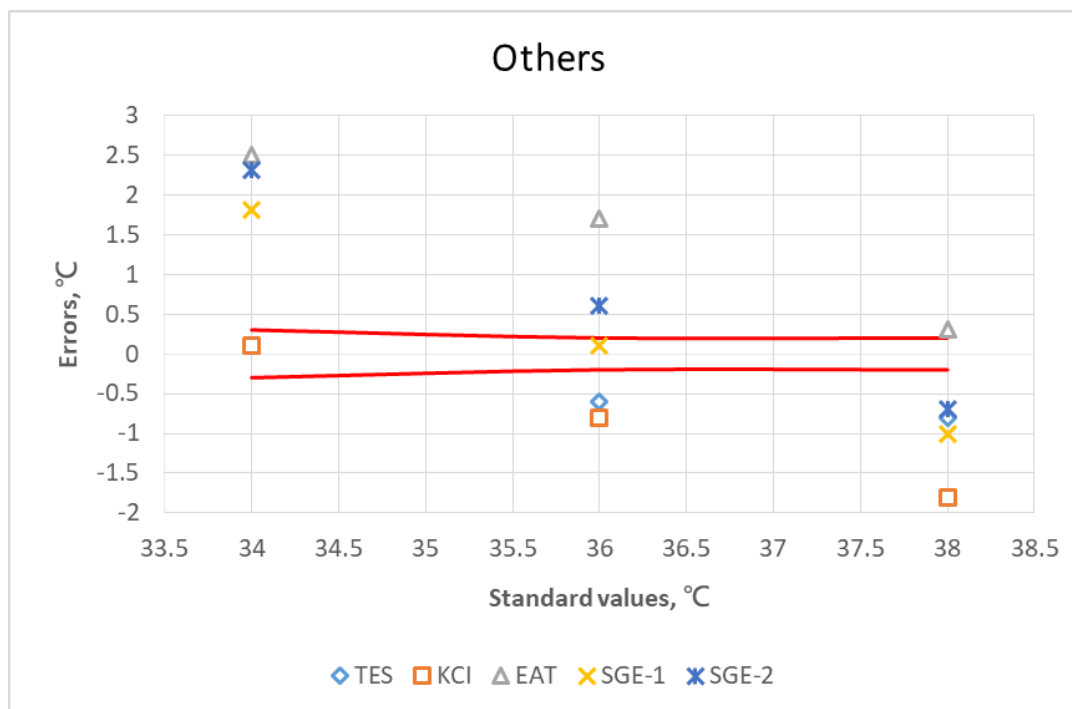


圖 10、其他廠牌額溫計之誤差對標準值之分佈

Fig. 10 The distribution between errors and standard values of others forehead infrared thermometer

紅外線體溫計由於使用簡易，反應快速與可非接觸進行量測，因此近年來廣為應用。紅外線體溫計有兩型，耳溫型與額溫型。耳溫型體溫計使用時需要調整耳耳角度，以免傷害耳朵內部組織。使用之後需要更換保護套，才能有效隔離病源傳播，因此使用性不如額溫計方便。

額溫計已被廣為使用於大眾人群，以篩檢可能感染的對象。但是此型溫度計是否準確？其放射率無法調整而對量測性能有何影響？溫度計正確量測方式？如何減低周圍環境因子的影響？額溫與人體實際體溫之差異性是如何？如何以額溫計量測值擬定發燒標準？這些關鍵問題尚未有合理解答。

在此研究，重點在於額溫計之性能評估。醫學用體溫計各國已有不同規範。美國 ASTM 之臨床溫度計標準如下<sup>4</sup>：37~39°C範圍，誤差 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。36~37°C，與 39~41°C，誤差為 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。台灣標準檢驗局公告之體溫計檢定檢查技術規範<sup>1</sup>，溫度量測範圍必須涵蓋 35.5~42°C。檢測點為 35.5°C、37°C與 41°C，共 3 點。檢定公差為 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。這種技術規範適用接觸式電子式體溫計，但不適用量測皮膚溫度之近紅外線型體溫計。因此紅外線體溫計無論是耳溫與額溫，台灣官方尚未建立檢定標準。

依據中國標準<sup>2</sup>，GB/T21417.1-2008，規定體溫計檢定範圍為 35.0~42.0°C，其最大允許公差為 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。在溫度範圍之外，最大允許公差為 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。歐盟標準<sup>3</sup> BSEN12470.5-2003 則規定在製造廠商規定環境條件之內，最大允許誤差為 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。在製造廠商規定環境條件之外，最大允許誤差為 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。但是這兩份文件，其適用對象為耳溫計，非目前普遍使用的額溫計。

參考現有耳溫計之規範。在 34°C，其允許誤差 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。36°C與 38°C，允許誤差 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，將此誤差範圍與此研究量測結果比較，如圖 2、3、4、6、8、10 所示區域。圖 2~4 中，33 只 B-8878，在 38°C之環境以其誤差要求為 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 之內，能夠合乎規範僅有少數額溫計。在 34°C與 36°C，以其誤差要求為 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 與 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 之內，無一只額溫計合乎公差要求。以圖 6 判別 B-HT820 的 4 只額溫計性能，都無法合乎要求。以圖 8 判別 MCL 額溫計，只有在 38°C環境，有 2 只合乎 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 之公差範圍，其他 4 型 5 只額溫計之誤差分佈圖於圖 10，僅有 KCL 型在 34°C與 SGE-1 型在 36°C之環境合乎公差要求範圍。

由於台灣官方的體溫計檢定檢查技術規範並未涵括非接觸式體溫計，國內普遍使用之額溫計其性能並無法令限制，因此目前使用的額溫計並不存在合法性問題。歐盟規範僅適用耳溫型體溫計。以其公差允許標準，此

次研究中僅有少數額溫計可合乎此規範。

此性能研究中，B-8877 共有 33 只，B-HT820 有 4 只。B-8877 之誤差值在 34°C、36°C與 38°C各為 1.1°C~2.4°C，-0.1°C~1.2°C與-1.1°C~1.0°C。B-HT820 額溫計在 34°C、36°C與 38°C各為 2.0°C~2.2°C，0.5°C與-1.2°C及-0.7°C。這些誤差值其分佈範圍廣，與標準值之差異大。在準確性與重現性，無法合乎傳統接觸型溫度計之要求。以性能不良的額溫計，用以進行體溫篩檢，對於檢定發燒現象的有效性，需要謹慎考量。

自 SARS、H1N1 流感至此次武漢肺炎(COVID-19)，體溫量測成為篩選可能感染病患的檢查技術。額溫計因為使用的方便性，普遍應用於各種公共場所，然而其性能標準與量測允許公差均未有所制定。在此研究中，以中興大學各單位現行使用之額溫計進行性能評估，大多數額溫計以歐規耳溫計的公差要求標準，大多數額溫計其誤差無法合乎要求。以同一廠牌不同只的額溫計判斷重現性，量測數據極為分散，缺乏一致性。因此為了有效以體溫量測技術協助防止疫情散佈。醫學用額溫計的性能標準有其深入研究必要。

由於市場銷售的額溫計並未具有調整放射係數的功能，其製造過程是否以人體皮膚的放射係數(0.97-0.99)以換算額溫也未曾有所說明。因此在此性能評估研究無法加入放射係數此重要影響因素。因此醫學用額溫計的製造與檢驗極需比照接觸型體溫計建立法規。

#### 四、結論

由於中國新型冠狀病毒(COVID-19)於全球之廣泛傳播，體溫量測成為重要篩檢技術。紅外線額溫計由於使用上方便與非接觸性可防止感染，被廣為採用為體溫快速量測之工具。但是額溫計之使用性能缺乏國際標準，尚未有在特定溫度範圍內下的官方允許誤差。在研究中，針對國立中興大學現行使用的額溫計，以溫度校正爐所建構的黑體溫度，進行 34°C、36°C與 38°C等三溫度的性能評估。研究對象共有 7 種廠牌。量測結果顯示 33 只 B-8877 之誤差值在 34°C、36°C與 38°C各為 1.1°C~2.4°C，-0.1°C~1.2°C與-1.1°C~1.0°C。4 只 B-HT820 額溫計在 34°C、36°C與 38°C各為 2.0°C~2.2°C，0.5°C與-1.2°C及-0.7°C。這些誤差值其分佈範圍廣，與標準值之差異大。其準確性與重現性，無法合乎傳統接觸型溫度計之要求。以性能不良的額溫計，用以進行體溫篩檢，對於檢定發燒現象的有效性，需要謹慎考量。為能有效提供正確體溫量測結果以協助防疫工作。台灣官方額溫

計之標準量測技術與耳溫計檢定檢查技術規範必須盡速建立。

## 五、參考文獻

- [1] 經濟部標準檢驗局. (2016). 體溫計檢定檢查技術規範。
- [2] GB/T 21417.1-2008,(2008). 医用红外体温计第 1 部分:耳腔式·中華人民共和國 國家品質監督檢驗檢疫總局。
- [3] BS EN 12470-5:2003, (2003). Clinical Thermometers-Part 5: Performance of infra-red ear thermometers (with maximum device).
- [4] ASTM. (1987). Standard specification for phase change-type disposable fever thermometer for intermittent determination of human temperature. American Society for Testing and Materials. ASTM E-825. Philadelphia, USA.
- [5] Bernard, V., Staffa, E., Mornstein, V., Bourek, A. (2013). "Infrared camera assessment of skin surface temperature - effect of emissivity" . *Physica Medica* 29, 583-591.
- [6] Betta, V., Cascetta, Sepe, F.D. (1997). "An assessment of infrared tympanic thermometers for body temperature measurement" . *Physiology Measurement* 18, 215-225.
- [7] Cascetta, F. (1995). "An evaluation of the performance of an infrared tympanic thermometer" . *Measurement* 16(4), 239-246.
- [8] Chen, C., Weng, Y., Shen, T. (2010). "Performance evaluation of the infrared thermocouple" . *Sensors* 10, 10081-10094; doi:10.3390/s101110081
- [9] Chung, W., Chen, C. (2010). "Evaluation of performance and uncertainty of infrared tympanic thermometers." *Sensors* 10, 3073-3089; doi:10.3390/s100403073
- [10] Craig, J.V., Lancaster, G. A., Taylor, S., Williamson, P.R., Smyth, R.L. (2002). "Infrared ear thermometry compared with rectal thermometry in child: a systematic review" . *Lancet* 360, 603-09.
- [11] Erickson R.S., Kirklin, S.K.. (1993). "Comparison of ear-based, bladder, oral, and axillary methods for core temperature measurement" . *Critical Care Medicine* 21(10), 1528-1534.
- [12] Fraden. J., Lackey, R.P. (1991). "Estimation of body sites temperatures from tympanic measurements" . *Clinical Pediatrics* 30(4), 65-72.
- [13] Kiernan, B.S. (2001). "Taking a temperature: which way is best?" *JSPN* 6(4), 192-195.
- [14] Kocoglu, H., Goksu, S., Isik, M., Akturk, Z., Bayazit, Y.A. (2002). "Infrared tympanic thermometer can accurately measure the body temperature in children in an emergency room setting" . *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 65(1), 39-43.
- [15] Kudoh, T., Ikebe, S.I., Satow, H., Komatsu, K., Kimura, M. (1996). "A highly sensitive thermistor bolometer for a clinical tympanic thermometer" . *Sensors and Actuators A*. 55, 13-17.
- [16] Liu, C.C., Chang, R.E., Chang, W.C. (2004). "Limitations of forehead infrared body temperature detection for fever screening for severe acute respiratory syndrome" . *Infection Control & Hospital Epidemiology* 25(12), 1109-1111.
- [17] Newsham, K.R., Saunders, J.E., Nordin, E.S. (2002). "Comparison of rectal and tympanic thermometry during exercise" . *Southern Medical Journal* 95(8), 804-810.
- [18] Ng, D.K., Chan, C., Chan, E.Y., Kwok, K., Chow, P., Lau, W.F., Ho J.C. (2005). "A brief report on the normal range of forehead temperature as determined by noncontact, handheld, infrared thermometer." *American Journal of Infection Control* 33(4), 227-229.
- [19] Ng, D. K., Chan, C.H., Lee, R.S., Leung, L.C. (2005). "Non-contact infrared thermometry temperature measurement for screening fever in children" . *Annals of Tropical Paediatrics* 25(4), 267-275.

- [20] Ng, E. Y.K., Mulio, W., Wong, B.S. (2006). "Study of facial skin and aural temperature" . IEEE Engineering in Medicine and Biology 5/6, 68-74.
- [21] Patel, N., Smith, C.E., Pinchak, A.C., Hagen, J.F. (1996). "Comparison of esophageal, tympanic, and forehead skin temperatures in adult patients" . Journal of Clinical Anesthesia 8(6), 462-468.
- [22] Pušnik, I., van der Ham, E., Drnovšek, J. (2004). "IR ear thermometers: what do they measure and how do they comply with the EU technical regulation?" Physiological Measurement 25, 699-708.
- [23] Ring, E.F.J. (2007). "The historical development of temperature measurement in medicine" . Infrared Physical & Technology 49, 297-301.
- [24] Robb. P.J., Shahab, R. (2001). "Infrared trans. tympanic temperature measurement and obits media with effusion" . International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology 59(3), 195-200.
- [25] Rogers, J., LeBlanc, G., Curley, M., Libman, M., Driscoll, J., McCarty, L., Kerrigan, T. (1991). "Evaluation of tympanic membrane thermometer for use with pediatric patients" . Pediatric Nursing 17(4), 376-378.
- [26] Skakhov, E.K., Mel'nikov, A.A., Dolgova, I.A. (2008). "Problems in the measurement of human body temperature" . Biomedical Engineering 42, 1-3.
- [27] Sharma, P., Pande, B., Chandrakar, P., Pati, A.K. (2015). "Comparative study of circadian variation in oral, tympanic, forehead, axillary and elbow pit temperatures measured in a cohort of young university students living their normal routines" . Biological Rhythm Research 46, 103-112, DOI: 10.1080/09291016.2014.950091
- [28] Sund-Levander M.R.N., Loyd, D., Wahren, L.K. (2004). "Errors in body temperature assessment related to individual variation, measuring technique and equipment" . International Journal Nursing Practical 10, 216-223.
- [29] Tabor, M.W., Blaho, D.M., Schriver, W.R. (1981). "Tympanic membrane perforation: complication of tympanic thermometry during general anesthesia" . Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology 51(6), 581-583.
- [30] Valle, P.C., Kildahl-Andersen, O., Steinvoll, K. (1999). "A Comparative Study of Infrared Tympanic Thermometry and Rectal Mercury Thermometry." Scandinavian Journal of Infectious Diseases 31, 105-106.
- [31] Varney, S.M., Manthey, D.E., Culpepper, V.E., J. Creedon, J.F. (2002). "A comparison of oral, tympanic, and rectal temperature measurement in the elderly" . The Journal of Emergency Medicine 22(2), 153-157.
- [32] Villaseñor-Mora, C., Sanchez-Marin, F.J., Calixto-Carrera, S. (2009). "An indirect skin emissivity measurement in the infrared thermal range through reflection of a CO<sub>2</sub> laser beam" . Revista Mexicana Física 55 (5), 387-392
- [33] Yaffe-Bellany, D. (2020). "Thermometer guns' on Coronavirus front lines are "Notoriously not accurate" " . The New York Times. <https://www.nytimes.com/2020/02/14/business/coronavirus-temperature-sensor-guns.html>. (Accessed on February 14, 2020)

---

2020年03月20日 投稿

2020年05月17日 修改

2020年06月23日 接受