

TERMÓMETROS INFRARROJOS SIN CONTACTO **PARA DIAGNÓSTICO CLÍNICO**

William David Paucar Quinteros

*Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN/Dirección Técnica de Metrología/Laboratorio de
Temperatura/Quito/Ecuador*

wpaucar@normalizacion.gob.ec

Resumen.- Este documento tiene la finalidad de informar de una manera sintetizada los conceptos, aplicaciones, técnicas de medición y eficacia de los termómetros infrarrojos sin contacto utilizados para diagnóstico clínico.

1. INTRODUCCIÓN

La temperatura es un parámetro que con frecuencia se mide y se controla, sus aplicaciones son de tipo médico y en particular la determinación de la temperatura corporal de los enfermos con la importancia que puede tener para la evolución de ciertas dolencias. Pero también se requiere medir temperatura en forma adecuada para la fabricación de medicamentos, el uso de técnicas de diagnóstico, los análisis clínicos, la esterilización de material clínico y hospitalario. Los alimentos, tanto en su preparación como en las técnicas de su conservación, la tintorería, la fabricación de cerámica de todo tipo, la aplicación de esmaltes y pinturas en aparatos electrodomésticos, en vehículos, generación de energía, transporte refrigerado, aire acondicionado y tantas más actividades humanas, requieren mediciones adecuadas. La temperatura no se puede medir directamente, podemos percibir o entender el concepto a través de nuestros sentidos de una manera simple y poca precisa la sensación de calor o frío es una de las más comunes en los seres vivos y el concepto de temperatura y su medición está presente en innumerables actividades del ser humano. La temperatura es una de las cantidades físicas más comúnmente medidas, pero su base teórica no se entiende ampliamente. A diferencia de otras cantidades, como la masa y el tiempo, la temperatura se define en un conjunto de condiciones teóricas, mientras que otras unidades se basan en condiciones reales definidas, físicamente realizables. En cambio la temperatura se basa en la termodinámica de sistemas perfectos, tales como gases ideales y estas suposiciones resultan en la escala de temperatura termodinámica medida en Kelvin (K), que es prácticamente inalcanzable. Lo que se realiza es considerar sistemas termodinámicos imperfectos para lograr una escala de temperatura de trabajo tan cercana a la teórica como podamos obtener.

La Temperatura Termodinámica tiene como unidad al 'kelvin' y su símbolo es "K", se define al tomar el valor numérico fijo de la constante de Boltzmann igual a $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ cuando se expresa en la unidad JK^{-1} , la cual es igual a $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$, donde, el kilogramo, el metro y el segundo están definidos en términos de h, c y $\Delta\nu\text{Cs}$,

La determinación de la temperatura termodinámica utilizando termómetros primarios es un procedimiento complicado que involucra instrumentos de precisión y condiciones de medición bien controladas. Dichas mediciones son innecesarias para la mayoría de las aplicaciones prácticas para las cuales se pueden usar diferentes tipos de termómetros, su funcionamiento se basa en una variedad de fenómenos físicos que suceden en la naturaleza, la selección del fenómeno para el establecimiento de un termómetro es una tarea arbitraria. Generalmente, se requiere que la relación entre la cantidad física (el mensurando) y la temperatura termodinámica se pueda especificar con precisión y que la cantidad física se comporte uniforme con la temperatura.

Los termómetros se clasifican de acuerdo con la naturaleza del contacto físico entre el sensor y el objeto medido; como termómetros de contacto y sin contacto. Al medir una variable que caracteriza el flujo de energía térmica, la detección de temperatura puede considerarse directa. Pero cuando se necesita una energía externa, como medio para obtener información sobre las capacidades del cuerpo bajo medición para almacenar, disipar, transmitir o transformar energía, la medición de temperatura se considera realizada a por un método inferencial.

2. TERMÓMETROS SIN CONTACTO

Los termómetros sin contacto pueden emplear diferentes fenómenos físicos para determinar la temperatura del objeto probado: fenómeno de radiación, fenómeno de refracción o Doppler, fenómeno de luminiscencia, fenómeno de Schlieren, etc. Casi todos los sistemas utilizados en la práctica para la medición de temperatura sin contacto se basan en la recepción de radiación electromagnética del objeto, y se denominan termómetros infrarrojos (TI).

2.1. FUNCIONAMIENTO DE UN TERMÓMETRO INFRARROJO (TI)

El diseño más básico consiste en un lente para enfocar el espectro electromagnético de energía a un TI, que convierte la energía en una señal eléctrica que se puede mostrar en unidades de temperatura después de ser compensada por la variación de la temperatura ambiente. Esta configuración facilita la medición de temperatura sin contacto con el objeto a medir.

El TI es útil para medir la temperatura en circunstancias donde los termómetros de contacto no pueden ser utilizados o no producen datos exactos por una variedad de razones como:

- El objeto a medir se mueve.
- El objeto está rodeado por un campo electromagnético, como el calentamiento por inducción.
- El objeto está contenido en un vacío o en atmósferas controladas.
- Aplicaciones donde se requiere una respuesta rápida.

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS TERMÓMETROS INFRARROJOS

Por su principio de medición se clasifican en TI de radiación y TI ópticos.

Entre los TI de radiación se tienen:

- TI de radiación de banda ancha
- TI de radiación de banda estrecha
- TI de radiación de relación
- TI de radiación de fibra óptica.

Este tipo de termómetros están compuestos de un tubo que contiene en el extremo cerrado un espejo cóncavo que enfoca la radiación en un termopar sensible. Cuando se lo utiliza, el tubo se enfoca al cuerpo caliente. La distancia de observación no es crítica, siempre que la imagen formada sea lo suficientemente grande como para cubrir la superficie del termopar. La calibración es por avistamiento directo en un cuerpo de temperatura superficial conocida.

Los TI ópticos en su forma más común es el tipo de filamento, consiste de un telescopio que contiene una lámpara, cuyo brillo de filamento puede ajustarse por la resistencia del circuito que cuando se enfoca al fondo del cuerpo caliente, el filamento desaparece. La corriente de la lámpara pasa a través de un amperímetro a temperatura reducida. El ocular del telescopio contiene un filtro de vidrio monocromático para utilizar el espectro electromagnético en el cual la luz de cualquier longitud de onda emitida por el cuerpo caliente depende de su temperatura. Aunque la calibración se basa en el supuesto de que el cuerpo caliente es un radiador uniforme, la desviación de esta condición implica menos error que en un TI de radiación.

2.3. SELECCIÓN DE UN TERMÓMETRO INFRARROJO

Las consideraciones importantes para cualquier TI incluyen campo de visión (tamaño del objetivo y la distancia), el tipo de superficie que se mide (consideraciones de emisividad), respuesta espectral (por efectos atmosféricos o de transmisión a través de superficies), rango de temperatura y de montaje (pistolas de infrarrojo portátiles o sensores infrarrojos fijos). Otras consideraciones incluyen el tiempo de respuesta, el medio ambiente, las limitaciones de montaje, el puerto de visualización y el procesamiento de la señal deseada.

2.4. CAMPO DE VISIÓN

Es el ángulo de visión en el cual el instrumento funciona, y está determinado por la óptica del TI. Para obtener una lectura precisa de la temperatura, el objetivo que se mide debe llenar completamente el campo de visión del instrumento. Puesto que el sensor de infrarrojos determina la temperatura media de todas las superficies dentro del campo de visión, si la temperatura de fondo es diferente de la temperatura del objeto, puede llevar a un error de medición.

2.5. EMISIVIDAD Y SU RELACIÓN CON LAS MEDICIONES DE TEMPERATURA

La emisividad se define como la relación de la energía radiada por un objeto a una temperatura dada, a la energía emitida por un radiador ideal de cuerpo negro, a la misma temperatura. La emisividad de un cuerpo negro es 1. Todos los valores de emisividad caen entre 0 y 1. La mayoría de los TI tienen la capacidad de compensar valores de emisividad diferentes, para diversos materiales.

Cuanto mayor es la emisividad de un objeto, más fácil es para obtener una medición precisa de la temperatura mediante infrarrojos. Los objetos con emisividad muy bajos (por debajo de 0.2) pueden ser aplicaciones difíciles. Algunas superficies pulidas, metales brillantes, tales como aluminio, son tan reflectantes en el infrarrojo que las mediciones de temperatura precisas no siempre son posibles.

No todos los TI se los puede utilizar para diagnósticos clínicos, existen TI para usos médicos, industriales, culinarios y de construcción, y todos funcionan de manera diferente.

3. TERMÓMETROS INFRARROJOS UTILIZADOS PARA DIAGNÓSTICO CLÍNICO

La evaluación de la temperatura corporal es uno de los métodos de diagnóstico más antiguos conocidos y sigue siendo un signo importante de salud y enfermedad, tanto en la vida cotidiana como en la atención médica. La medición precisa de la temperatura es de vital importancia, especialmente en los recién nacidos y los niños inmunocomprometidos cuya sospecha de infección podría resultar en investigaciones, tratamiento e incluso hospitalización. La medición imprecisa de la temperatura puede provocar que los pacientes permanezcan sin diagnosticar y sin tratamiento, o que reciban una intervención innecesaria o inapropiada. En los centros de salud y hospitales, las enfermeras son responsables de medir con precisión la temperatura corporal y es importante tener en cuenta el tipo de termómetro y los sitios del cuerpo utilizados para realizar la medición.

La temperatura de la arteria pulmonar es el más utilizado para medir la temperatura corporal central, ya que la temperatura de la sangre venosa mixta refleja la termorregulación del hipotálamo. El esófago distal y la nasofaringe se consideran alternativas aceptables al catéter de la arteria pulmonar y se usan comúnmente durante la operación. Sin embargo, al igual que el catéter de la arteria pulmonar, estos instrumentos son invasivos y generalmente son inapropiados fuera del entorno de peri-anestesia, perioperatorio y de cuidados críticos. Otros métodos invasivos incluyen la medición de la vejiga y el recto. Clínicamente, las temperaturas orales y rectales son los indicadores más confiables de la temperatura corporal central. Los niños menores de cuatro años tienen dificultades para mantener un termómetro oral debajo de la lengua, lo que dificulta la medición confiable de la temperatura. En la actualidad, el termómetro rectal es el más utilizado para la medición de temperatura en niños pequeños porque se correlaciona altamente con la temperatura corporal central. Sin embargo, cuando la temperatura central aumenta o disminuye abruptamente, la temperatura rectal cambia más lentamente y puede ser sustancialmente diferente de la temperatura central. Además, sin las técnicas de esterilización adecuadas, el termómetro rectal tiene la capacidad de propagar contaminantes que se encuentran comúnmente en las heces. Los termómetros rectales son muy estresantes para los bebés, dependen del tiempo y requieren cierto nivel de práctica. Estas características lo convierten en un procedimiento indeseable para bebés, trabajadores de salud y padres.

El termómetro de mercurio en vidrio era el tipo tradicional de termómetro utilizado para medir la temperatura corporal. Sin embargo, los termómetros de mercurio se están eliminando gradualmente. Esto se debe a las preocupaciones sobre el efecto ambiental tóxico del mercurio, a saber, la toxicidad de la absorción debido a la rotura y el riesgo de infección, por lo que ya no se recomienda su uso en bebés y niños pequeños.

3.1. TERMÓMETRO INFRARROJO DE TÍMPANO (TIT)

3.1.1. MECANISMO DE ACCION

Los TIT miden la energía infrarroja que emana el canal auditivo y la membrana timpánica. La membrana timpánica se tomó inicialmente como un sitio de medición porque se pensaba que el suministro de sangre que recibía desde la arteria carótida interna reflejaba la temperatura en el hipotálamo, que es el encargado de regular la temperatura corporal. Sin embargo, el suministro de sangre es más complejo, ya que la arteria carótida externa también suministra sangre la membrana timpánica. Además, el mecanismo por el cual se

controla la temperatura no está necesariamente relacionado con la temperatura del hipotálamo. Los TI de tímpano están autorizados para su uso en personas de todas las edades, incluidos bebés y niños pequeños.

Figura 1. Termómetro infrarrojo de tímpano

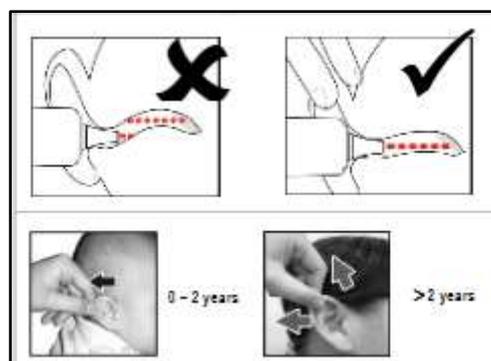


Fuente: 123RF.com

3.1.2. TÉCNICA DE MEDICIÓN

Se debe usar una cubierta de sonda desechable adecuada. La enfermera debe revisar que la cubierta se ha colocado correctamente y que no existan arrugas en el extremo de la punta. Esto permitirá tener lecturas más precisas. La cubierta también se usa para ayudar a mantener limpia la punta de la sonda y para el control de infecciones. La temperatura del canal auditivo puede ser 2 °C más bajo que la temperatura del tímpano, por lo tanto, la colocación incorrecta puede dar lecturas de temperatura equivocadas. La energía térmica recibida por la sonda del termómetro depende de la anatomía del oído, el diseño de la sonda del termómetro y el lugar donde se coloca la sonda. El TIT calcula la temperatura del paciente a partir de la energía infrarroja recibida. Algunos modelos aplican un desplazamiento a la medición del oído para indicar la temperatura en un sitio diferente del cuerpo, como la lectura del sitio oral. La técnica de medición correcta es muy importante para garantizar lecturas de temperatura confiables. Con algunos pacientes, es posible que se requiera un tirón suave pero firme del oído para enderezar el canal auditivo. La sonda se debe colocar suavemente en el canal auditivo para garantizar un ajuste perfecto y apuntar al tímpano como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Técnica de medición de un TIT



Fuente: TH709L(E) Infrared Ear Thermometer

3.2. TERMÓMETRO INFRARROJO DE FRENTE (TIF)

El TIF mide la emisión infrarroja de la arteria temporal superficial, se mantiene justo por encima de la superficie de la piel de la frente y usa una luz de seguimiento para indicar el área de medición.

Este dispositivo no entra en contacto con el paciente, por lo que se reduce el riesgo de infección cruzada. Además, los costos de funcionamiento del termómetro son bajos porque no se requieren cubiertas desechables.

Figura 3. Termómetro infrarrojo de frente



Fuente: Fuerza Aérea EEUU

3.2.1. TÉCNICA DE MEDICIÓN

Para obtener una lectura precisa de temperatura, el objetivo que se mide debe estar a una distancia prudente con el objetivo de llenar completamente el campo de visión del instrumento y evitar que el TIF capte el espectro electromagnético de otra fuente. El lente del TIF debe estar limpio y libre de polvo. Además debe estar aclimatado a la temperatura ambiente donde se realizará la medición.

Figura 4. Campo de visión de un TI



Fuente: testo infrared thermometers

La medición deber realizarse con el paciente tranquilo ya que esto permite un buen suministro de sangre en todo el cuerpo el área de medición debe estar libre de sudor.

La medición también dependerá del color de la piel del paciente ya que como se mencionó, la emisividad es fundamental en la medición de temperatura, la superficie más eficiente se denomina cuerpo negro y su emisividad es uno y la superficie menos eficiente es un espejo perfecto con una emisividad de cero.

La mayor parte de estos termómetros tienen forma de pistola y cuentan con un láser apuntador lo que lleva a la idea de que la medición se ejecuta como un disparo, la medición de temperatura se realiza con la radiación electromagnética que proviene de la superficie, en este caso, la frente del paciente. La luz láser es un indicador de la zona que mide el TI.

Los TIF miden la temperatura de la superficie del paciente no la de su interior.

3.3. EFICACIA DE LOS TERMÓTROS INFRARROJOS

El estudio que a continuación se indica es un resumen del documento denominado “*Non-Contact Thermometers for Detecting Fever: A Review of Clinical Effectiveness*” realizado por la *Canadian Agency for drugs and technologies in health* el 20 de noviembre de 2014, disponible: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK263237/pdf/Bookshelf_NBK263237.pdf

La temperatura corporal se puede medir de varias maneras. Tradicionalmente, la temperatura corporal se mide utilizando termómetros de contacto que se colocan en la frente o en la boca, oreja, axila o recto. Para los niños la medición de la temperatura en el recto es el más utilizado. Los TI sin contacto permiten tomar la temperatura de una persona con un contacto mínimo (termómetro infrarrojo de tímpano (TIT)) o sin contacto (termómetro infrarrojo de arteria temporal (TIF), escáner térmico) con la persona. Esto significa que la temperatura se puede medir sin la molestia de tener que permanecer quieto con un termómetro en la boca, la axila o el recto el tiempo suficiente para obtener una lectura correcta de temperatura. La falta de contacto también significa que el proceso de desinfección entre pacientes para los termómetros es mínimo o innecesario, lo que permite un uso fácil y rápido cuando se examina a un gran número de personas en entornos como aeropuertos o cruces fronterizos.

Los principales tipos de TI son los TIT, TIF y los escáneres térmicos. Los TIF se mantienen a una distancia de tres a 15 cm del paciente y, por lo general, miden la temperatura en la frente o la sien. Los TIT miden la radiación térmica de la membrana timpánica y dentro del canal auditivo. Los escáneres térmicos de mano se pueden usar para tomar la temperatura de una persona desde una distancia mayor que otros termómetros sin contacto, lo que puede convertirlos en un buen candidato para su uso en situaciones de detección masiva. Sin embargo, no todas las personas que tienen una infección o son infecciosas tendrán fiebre. Además, las fiebres pueden reducirse mediante el uso de medicamentos antipiréticos.

El objetivo del estudio fue determinar la efectividad y precisión de los termómetros sin contacto para la detección de individuos febriles. Las interrogantes que se buscaban responder fueron:

- ¿Cuál es la precisión de los TIT para detectar individuos febriles?
- ¿Cuál es la precisión de los TIF para detectar individuos febriles?
- ¿Cuál es la precisión de los escáneres térmicos para detectar individuos febriles?
- ¿Cuál es la efectividad comparativa de los TIT, TIF y los escáneres térmicos para detectar individuos febriles?

RESULTADOS CLAVE

De la evidencia obtenida de dieciséis estudios no aleatorios y cuatro revisiones sistemáticas (RS) respalda la precisión de los TIT y de los escáneres térmicos. La evidencia de la precisión de los TIF es equívoca y requiere más investigación. Sin embargo, la generalización de la evidencia encontrada es cuestionable.

MÉTODOS

La búsqueda de información se realizó sobre recursos clave que incluyen PubMed, The Cochrane Library (2014, Número 10), bases de datos del Centro de Revisiones y Difusión (CRD) de la Universidad de York, agencias canadienses y las principales agencias internacionales de tecnología de la salud, así como una búsqueda enfocada en Internet . No se aplicaron filtros para limitar la recuperación por tipo de estudio. La búsqueda también se limitó a documentos en inglés publicados entre el 1 de enero de 2009 y el 15 de octubre de 2014.

Los criterios de selección se indican en la tabla 1

Tabla 1: Criterios de selección

Tabla 1: Criterios de selección	
Población	Cualquiera
Intervención	TIT, TIF, escáneres térmicos.
Comparador	Dispositivos comparados entre sí o con un estándar de referencia
Resultados	Precisión diagnóstica (verdadero / falso positivo / negativo, acuerdo con el estándar de referencia)
Diseños de estudio	Evaluaciones de tecnología sanitaria, revisiones sistemáticas, metanálisis, ensayos controlados aleatorios, estudios no aleatorios

Los estudios se excluyeron si no satisfacían los criterios de selección, si eran publicaciones duplicadas, si se incluían en una RS seleccionada, si eran revisiones no sistemáticas o si se publicaron antes de 2009.

RESUMEN DE PRUEBAS

Se identificaron un total de 523 citas en la búsqueda bibliográfica. Después de la selección de títulos y resúmenes, se excluyeron 498 citas y se recuperaron 25 informes relevantes de la búsqueda electrónica para la revisión de texto completo. Se recuperaron cinco publicaciones potencialmente relevantes, de un total de 14. De estos 30 artículos potencialmente relevantes, 10 publicaciones fueron excluidas por varias razones, mientras que 20 publicaciones cumplieron los criterios de inclusión. De los estudios incluidos, cuatro son revisiones sistemáticas y dieciséis son estudios no aleatorios.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Precisión de los TIT para detectar individuos febriles

Se identificaron un total de quince estudios que evaluaron la precisión de los TIT. De estas publicaciones, cuatro eran revisiones sistemáticas y once eran estudios no aleatorios. Entre estas publicaciones, la temperatura del tímpano se utilizó como referencia en cuatro estudios en los que los resultados no se centraron en mediciones del tímpano.

País de origen

Las revisiones sistemáticas se originaron en China, Nueva Zelanda, y Francia. Los estudios no aleatorios fueron de Corea, China, Tailandia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, España, Gabón, Reino Unido, Pakistán, Malasia y Bélgica.

Población

La edad media de los pacientes en los estudios incluidos varió de recién nacidos de 9 a 80 años y la mayoría tuvo una proporción de hombres/mujeres cercano al 1:1. Algunos estudios solo incluyeron pacientes pediátricos, mientras que solo uno incluyó pacientes geriátricos. Los estudios incluyeron pacientes hospitalizados o pacientes que se presentaron en el hospital o viajeros que se presentaron en las fronteras. El tamaño de la muestra de los estudios no aleatorios varió de 21 a 2000. Las revisiones sistemáticas incluyeron de 3 a 31 estudios con muestras de 9 a 72,327 participantes.

Intervenciones y comparadores

Los dispositivos TIT utilizados para medir la temperatura variaron en los diferentes estudios realizados. El TI marca Braun modelo ThermoScan y el TI marca FirstTemp Genius fueron los más utilizados, mientras que un estudio no detalló marca y modelo de los termómetros utilizados. El número de mediciones y el modo del dispositivo (es decir, el algoritmo que transforma la lectura real en la temperatura corporal predicha) han sido diferentes entre los estudios, pero no siempre se especificaron.

La precisión de los TIT se comparó con la temperatura rectal en seis estudios, con temperatura oral en dos estudios, con temperatura del catéter de la arteria pulmonar en dos estudios, con temperatura axilar en un estudio y con temperatura nasofaríngea en un estudio.

Años de publicación

Los años de publicación oscilaron entre 2009 y 2014.

Precisión de los TIF para detectar individuos febriles

Siete estudios evaluaron la precisión de los TIF. De estas publicaciones, una era una revisión sistemática y seis eran estudios no aleatorios.

País de origen

La revisión sistemática se originó en Francia. Los estudios no aleatorios fueron de Bolivia, Italia, España, Estados Unidos y Reino Unido.

Población

La edad de los pacientes incluidos en los estudios varió de 1 mes a más de 80 años y la mayoría fueron realizados en una proporción similar de hombres y mujeres. Algunos estudios solo incluyeron pacientes pediátricos. Todos los estudios incluyeron pacientes hospitalizados o pacientes que se presentaron en el hospital. El tamaño de la muestra de los estudios no aleatorios varió de 61 a 855. Los seis estudios incluidos en las revisiones sistemáticas tienen muestras que van de 176 a 72,327 participantes.

Intervenciones y comparadores

Los dispositivos utilizados para medir la temperatura de la piel variaron entre los estudios. Los TI marca Thermofocus y TI marca Exergen fueron los utilizados en los estudios no aleatorios, mientras que un estudio no detalló marca y modelo de los termómetros y el SR incluyó estudios con otros tipos de TIF. El número de mediciones y el modo del dispositivo (es decir, el algoritmo que transforma la lectura real en la temperatura corporal prevista) fueron diferentes o no se informaron.

La precisión de los TIF de mano se comparó con la temperatura rectal en dos estudios, con la temperatura del catéter de la arteria pulmonar en un estudio, con termómetros timpánicos en un estudio, con temperatura axilar en un estudio, con temperatura nasofaríngea en uno estudio y con una referencia que podría ser la temperatura oral, rectal o axilar en un estudio.

Años de publicación

Los años de publicación oscilaron entre 2009 y 2013.

Precisión de los escáneres térmicos (cámaras infrarrojas) para detectar individuos febriles

Seis estudios evaluaron la precisión de los escáneres térmicos. De estas publicaciones, una era una revisión sistemática y cinco eran estudios no aleatorios.

País de origen

La revisión sistemática se originó en Francia. Los estudios no aleatorios fueron de Corea, China, Nueva Zelanda y EE. UU.

Población

La edad de los pacientes incluidos en los estudios varió de 6 meses a 92 años y la mayoría de los estudios informaron una proporción similar de hombres y mujeres. Un estudio incluyó pacientes pediátricos. Los estudios incluyeron pacientes hospitalizados o pacientes que se presentaron en el hospital o viajeros que se presentaron en las fronteras. El tamaño de la muestra de los estudios no aleatorios varió de 608 a 2873. Los estudios incluidos en las revisiones sistemáticas tienen muestras que van de 176 a 72,327 participantes.

Intervenciones y comparadores

Los dispositivos utilizados para medir la temperatura de la piel variaron entre los estudios. Las cámaras infrarrojas marca FLIR y marca OptoTherm ThermoScreen fueron las utilizadas en la mayoría de los estudios. La precisión de los escáneres térmicos se comparó con los TIT en cuatro estudios, con temperatura oral en un estudio y con una referencia que podría ser la temperatura oral, rectal o axilar en un estudio.

Años de publicación

Los años de publicación oscilaron entre 2009 y 2014.

RESUMEN DE RESULTADOS

Precisión de los TIT para detectar individuos febriles

Seis estudios expresaron conclusiones a favor de la utilización de TIT, mientras que un estudio indicó que la variabilidad de las mediciones de los TIT era demasiado alto. Un estudio no expresó conclusiones a favor o en contra del uso del dispositivo.

Precisión de los TIF para detectar individuos febriles

Tres estudios expresaron conclusiones a favor de la utilización de TIF, mientras que tres estudios declararon que este tipo de dispositivo carece de precisión.

Precisión de los escáneres térmicos (cámaras infrarrojas) para detectar individuos febriles

Cuatro estudios expresaron conclusiones a favor de la utilización de escáneres térmicos para la detección de fiebre, mientras que un estudio declaró que este tipo de dispositivo no es adecuado para este propósito debido a una alta proporción de falsos positivos.

LIMITACIONES

De los estudios analizados no está claro si las muestras eran representativas de la población. No se describió el perfil de las personas que se negaron a participar en los estudios. Por lo tanto, es plausible que las personas con fiebre o muy enfermas puedan ser subestimadas en esos estudios.

En todos los estudios, se han mencionado posibles factores de confusión de la temperatura corporal, como el sudor, el sexo, la edad, el rango de temperatura, el evaluador, la actividad física, el uso de medicamentos antipiréticos y el estado emocional, pero la lista no es exhaustiva. Debe tenerse en cuenta que esos factores pueden sesgar los resultados del estudio revisado, especialmente cuando se utilizan termómetros infrarrojos sin contacto (incluidos timpánicos, de frente o escáneres). Muchos estudios se realizaron específicamente en una población pediátrica y uno se realizó en una población geriátrica. Dado que la edad es variable de confusión potencial, la generalización de los estudios para la población adulta es cuestionable. Además hay una gran cantidad de heterogeneidad en los datos entre los estudios. Algunos factores específicos afectan la comparabilidad de los estudios. Los estudios revisados han estado utilizando diferentes dispositivos termométricos que, dependiendo de la marca, modelo y modo utilizado, convierten la lectura real en una medida de salida diferente siguiendo su propio algoritmo. Además, las temperaturas umbral para la fiebre variaron entre los estudios. Algunos estudios tenían como objetivo encontrar el umbral óptimo para su dispositivo, incluso si era diferente en muchos grados de la referencia.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

- La mayoría de los estudios no aleatorios incluidos en esta revisión tenían un diseño de observación prospectivo similar con mediciones no cegadas tomadas en un solo grupo. Dos SR se consideraron de calidad media y dos tenían muchas limitaciones. La mayoría de los estudios utilizaron catéteres de arteria rectal, oral, axilar, timpánica o pulmonar como referencia para la temperatura corporal. Siete de veinte publicaciones investigaron específicamente pacientes pediátricos, mientras que solo uno inscribió pacientes geriátricos. Se realizaron tres estudios en un cruce fronterizo; otros estaban en hospitales.
- Las conclusiones de seis estudios no aleatorios y dos RS respaldaron la utilización de TIT. Las conclusiones de un estudio y un SR no estaban a favor de su precisión. La evidencia está a favor de la precisión de los TIT.
- La precisión de los TIF fue favorable por tres estudios pero también desfavorable por otros tres estudios.
- Cuatro estudios expresaron conclusiones a favor de la utilización de escáneres térmicos para la detección de fiebre, mientras que un estudio afirmó que este tipo de dispositivo no es adecuado para este propósito. Las conclusiones de un SR, aunque de baja calidad, destacaron la escasa evidencia científica disponible para la utilización de TIF y escáneres térmicos para la detección masiva. La evidencia de la precisión de los TIF es equívoca, mientras que de alguna manera está a favor de la precisión de los escáneres térmicos.
- Muchas cuestiones plantean dudas sobre la generalización de los estudios incluidos. No está claro si las personas que se negaron a participar en estos estudios sesgaron los resultados y el porcentaje de inscripción entre los participantes elegibles no se informó en la mayoría de los estudios. Los estudios recuperados han mencionado posibles factores de confusión para medir la temperatura, como el sudor, el sexo, la edad, el rango de temperatura, el evaluador, la actividad física, el uso de medicamentos antipiréticos y el estado emocional. Estos factores son aún más susceptibles de variar en condiciones del mundo real que en un entorno de estudio clínico. Además, las diferentes marcas/ modelos/modos de termómetros infrarrojos utilizados dificultan sacar conclusiones generales sobre una clase de termómetros. Además, se incluyó un buen número de estudios pediátricos en la presente revisión, lo que limita la extrapolación de sus resultados a una población general.
- Dependiendo del contexto de utilización (hospital versus pasos de frontera), el volumen de mediciones a realizar y la edad de la persona a medir, podría ser imperativo utilizar TI sobre termómetros más precisos y / o más invasivos. Por lo tanto, los TIT y los escáneres térmicos pueden ser las únicas herramientas efectivas y precisas para detectar la fiebre en ciertas circunstancias. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la detección de fiebre y la detección de un virus son dos cuestiones diferentes.
- En conclusión, la evidencia obtenida de dieciséis estudios no aleatorios y cuatro revisiones sistemáticas está a favor de la precisión de los TIT y, más cautelosamente, de los escáneres

térmicos. La evidencia de la precisión de los TIF es equívoca y requiere más investigación. Sin embargo, la generalización de la evidencia encontrada es incierta.

4. CONCLUSIONES

Al momento de utilizar los distintos tipos de termómetros infrarrojos para diagnóstico clínico es necesario tomar en cuenta las recomendaciones que se dan en este documento en el literal 3.1 para los termómetros infrarrojos de tímpano y en el literal 3.2 para los termómetros infrarrojos de frente.

Es recomendable que los TI para la determinación intermitente de la temperatura del paciente cumplan con los requisitos de la norma ASTM E1965 - 98(2016) esta norma aplica a *“los termómetros infrarrojos, que son instrumentos electrónicos destinados a la medición y monitoreo intermitentes de la temperatura del paciente mediante la detección de la intensidad de la radiación térmica entre el sujeto de medición y el sensor. La especificación aborda la evaluación de la temperatura corporal interna del sujeto a través de la medición de la emisión térmica del canal auditivo. Sin embargo, también se proporcionan requisitos de rendimiento para la medición de la temperatura de la piel sin contacto. Se establecen límites para la precisión del laboratorio, y se requiere la determinación y divulgación de la precisión clínica de los instrumentos cubiertos. Los límites de rendimiento y almacenamiento bajo diversas condiciones ambientales, los requisitos para el etiquetado y los procedimientos de prueba”*.

Es necesario y recomendable que los instrumentos que se utilizan para la medición de temperatura cuenten con un certificado de calibración otorgado por un laboratorio acreditado, este permitirá tener una idea clara del desempeño del instrumento.

El estudio mostrado en este documento indica que para los TIT, seis estudios expresaron conclusiones a favor de la utilización de TIT, mientras que un estudio indicó que la variabilidad de las mediciones de los TIT era demasiado alto. Un estudio no expresó conclusiones a favor o en contra del uso del dispositivo. Para los TIF, tres estudios expresaron conclusiones a favor de la utilización de TIF, mientras que tres estudios declararon que este tipo de dispositivo carece de precisión. Para los escáneres térmicos, cuatro estudios expresaron conclusiones a favor de la utilización de escáneres térmicos para la detección de fiebre, mientras que un estudio declaró que este tipo de dispositivo no es adecuado para este propósito debido a una alta proporción de falsos positivos.

El estudio planteado a más de las limitaciones que se indican, en ninguno establece o especifica si los termómetros infrarrojos utilizados fueron calibrados, esto para tener una evidencia en la evaluación de la capacidad de medición de temperatura que se puede rastrear hasta la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90).

Otro estudio determinó el desempeño de los Termómetros infrarrojos sin contacto en piel a través de una evaluación metrológica, se calibraron tres TI se evaluó su rendimiento de medición de temperatura, en un intervalo de temperatura de 15°C - 45°C utilizando las fuentes de referencia de cuerpo negro del Laboratorio Nacional de Metrología de Inglaterra (National Physical Laboratory) se demostró que dos de los TI (“A” y “C”) dan grandes errores de medición con lecturas que se encuentran muy por fuera de las incertidumbres declaradas por el fabricante y las establecidas en los requisitos de la norma ASTM E1965-98. De particular preocupación, se encontró una gran discontinuidad en el error de medición de aproximadamente 6°C para el TI “A” aproximadamente a 29°C, lo que conduciría a lecturas seriamente erróneas en la práctica clínica. No es apropiado aplicar un ajuste de temperatura tan grande que se pretenda convertir de la frente a la temperatura corporal central, al medir otros sitios de la superficie de la piel. Al contrario de esto, el TI “B” funcionó bien, con todos los resultados dentro de las incertidumbres establecidas. Estos resultados resaltan la necesidad de una calibración trazable a la EIT-90 donde se requiere confianza en la medición de temperatura. También muestra que la certificación ISO 9001 e ISO 13485 no es suficiente para garantizar un rendimiento clínico confiable. Además, las pruebas del campo de visión y distancia mostraron una alta sensibilidad, especialmente para los TI “A” y “C”. La lectura del TI “A” varió hasta 8°C al moverlo de 4 mm a 7 mm de una fuente de cuerpo negro de 15 mm de diámetro a temperatura constante de 32°C. Estos resultados ilustran el requisito de una evaluación adecuada de los TI antes de su uso en estudios clínicos, ya que no se puede confiar en las incertidumbres declaradas por el fabricante. Si no se llevan a cabo dichos controles, se podrían obtener resultados infundados y un tratamiento inadecuado de los pacientes.

5. BIBLIOGRAFÍA

Canadian Agency for drugs and technologies. Non-Contact Thermometers for Detecting Fever: A Review of Clinical Effectiveness. 20 november 2014. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK263237/pdf/Bookshelf_NBK263237.pdf

Thomas Fletcher, Aaron Whittam, Rob Simpson & Graham Machin. Comparison of non-contact infrared skin thermometers. 01 March 2018.

Madam Sin Lian Thye, Dr. Junainah Sabirin,, Datin Dr. Rugayah Bakri. Infrared Thermometer. Health Technology Assessment Section (MaHTAS), Medical Development Division, Ministry of Health Malaysia. Decembre 2012.

ASTM E 1965 – 98 (2003). Infrared Thermometers for Intermittent Determination of Patient Temperature. 2003.

Thermometry BIPM. SI base unit (kelvin).2020. Available from: <https://www.bipm.org/metrology/thermometry/units.html>