



núcleo de ingeniería biomédica
facultades de medicina e ingeniería



universidad de la república

Medida de la temperatura de recién nacidos y sensores de termistores utilizados habitualmente

Gabriel Colombo - Junio 2010

Docentes¹: Daniel Geido, Jorge Lobo, Eduardo Santos, Franco Simini

Monografía vinculada a la conferencia de Jorge Villardino(Biogénesis SRL) sobre: Cómo innovar, producir y vender equipos, servicios e insumos biomédicos en el mundo desde Uruguay del 6/4/2010

¹Núcleo de Ingeniería Biomédica - Facultades de Medicina e Ingeniería - Universidad de la República, Uruguay

Email: gabrielcolomb@gmail.com; ldgeido@fing.edu.uy; jlobo@fing.edu.uy; esantos@fing.edu.uy; simini@fing.edu.uy ;

Resumen

Para medir la temperatura de los recién nacidos se usan sensores basados en termistores del tipo NTC por su costo menor a 2 dólares, su tamaño reducido y su precisión de 0.1 °C. Los termistores tienen una vida útil de más de 73000 horas (más de 8 años) con una variación en la resistencia del 1%. En el mercado existen sensores de piel, aire, tímpano y esófago. La intercambiabilidad es una de la principales características permitiendo reemplazar el sensor sin la necesidad de recalibrar el instrumento.

1. Introducción

Es importante mantener regulada la temperatura axilar de los recién nacidos(RN) entre 36.5 °C y 37.5 °C para que el gasto metabólico del RN sea mínimo. La disminución de la temperatura a niveles por debajo de 36.5 °C tiene como consecuencia que el gasto metabólico aumente. Una disminución de 2 °C tiene como consecuencia que el consumo de oxígeno, calorías y glucosa se duplique. [1] Los recién nacidos pueden cambiar su temperatura a una tasa de 0.3 °C/min pudiendo llegar a un estado de hipotermia en tan solo un par de minutos.

En la actualidad la medida de la temperatura en los recién nacidos se realiza utilizando sensores de temperatura basados en termistores del tipo NTC(Negative Temperature Coefficient). En éste artículo se presentan los distintos modelos de sensores y termistores utilizados, así como los requerimientos que deben cumplir.

2. Sensores de temperatura basados en termistores

2.1. Termistores

Los termistores son dispositivos elaborados con semiconductores que presentan la característica de cambiar la resistencia ante cambios de temperatura.

Existen dos tipos de termistores, los tipo NTC(Negative Temperature Coefficient) y los PTC(Possitive Temperature Coefficient). Los NTC disminuyen su resistencia ante un aumento de temperatura, mientras que los PTC aumentan su resistencia ante un aumento de temperatura.

En la figura 1 se muestra la curva típica de un termistor NTC, pudiéndose observar que ante pequeñas variaciones en la temperatura la resistencia cambia significativamente, este alto coeficiente R/T favorece a tener alta inmunidad al ruido [3]. A continuación se presentan las principales características de los termistores:

1. Alta sensibilidad
2. Rápida respuesta a la temperatura
3. Bajo costo
4. No lineales
5. Inmunidad al ruido
6. Tamaño reducido
7. Intercambiabilidad

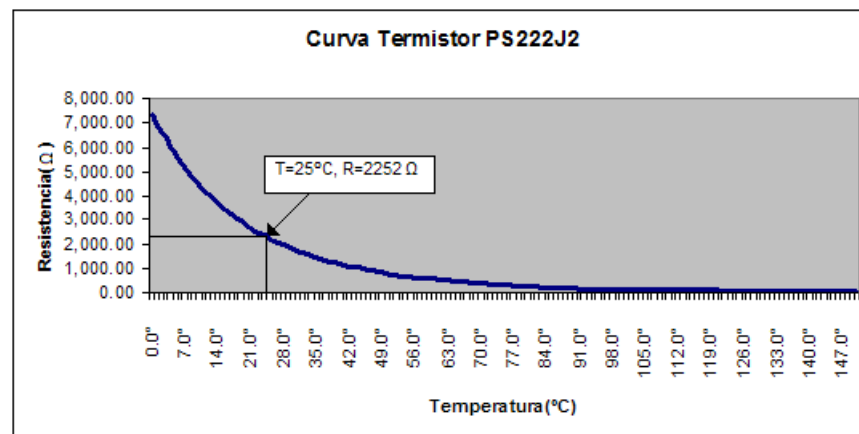


Figura 1: Curva de un termistor NTC modelo PS222J2 de US Sensors. Gráfico elaborado a partir de los datos provistos por el fabricante. [4]

En general los sensores de temperatura utilizados en el área médica son del tipo NTC. Dentro de los más utilizados están el PS222J2 de 2252Ω @25 °C y el PS103J2 de 10000Ω @25 °C

Los termistores se rigen por la ecuación (1) :

$$R(T) = R_0 e^{\beta(1/T - 1/T_0)} \quad (1)$$

En donde:

$R(T)$ es la resistencia del termistor a la temperatura T .

R_0 es la resistencia a la temperatura de referencia T_0 .

β es una constante que depende del material de construcción.

T es la temperatura en Kelvin.

Para una mejor aproximación de la curva de los termistores se utiliza la ecuación de Steinhart-Hart:

$$\frac{1}{T} = A + B(\ln R) + C(\ln R)^3 \quad (2)$$

Donde, T es la temperatura en Kelvin, R la resistencia del termistor y A , B , C son las constantes de ajustes de la curva del termistor. Las constantes A , B , C se calculan seleccionando tres puntos cualesquiera de los datos provistos por el fabricante y resolviendo las tres ecuaciones que resultan de la ecuación (2).

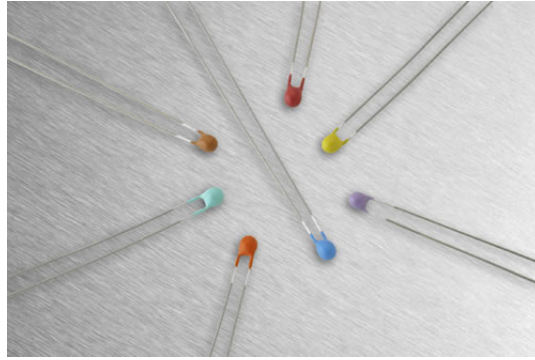


Figura 2: Imagen de termistores [4]

Los fabricantes de termistores los ofrecen con una exactitud de 0.1 °C o 0.2 °C en el rango de 0 a 70 °C, junto con las curvas de Temperatura vs Resistencia. Los datos Temperatura, Resistencia se pueden cargar en memoria de los equipos de monitoreo y luego por software o hardware determinar los parámetros característicos del termistor de la ecuación (2).

Su costo es del orden de los 9 dólares unitario y menor a 2 dólares por cantidades de 100.

La vida útil es de 73000 horas (más de 8 años) con un cambio máximo en la resistencia de $\pm 1\%$.

2.2. Sensores

Existen 4 tipos de sensores de temperatura¹:

- De piel
- De aire
- Timpánico
- Esofágico/Rectal

Estos sensores se ofrecen en el mercado con distintos terminales de conexión y distintos largos de cable compatibles con la mayoría de los equipos médicos de monitoreo. Su construcción asegura una total aislación eléctrica del termistor respecto a las superficies externas.²

El sensor está compuesto del termistor en una extremidad, un cable que puede ser blindado o no y luego el conector indicado según el fabricante del equipo médico.

Dentro de los requerimientos es importante que la medida no tenga distorsión por mala colocación del sensor o sea afectada por fuentes externas. Para solucionar esto se utilizan adhesivos reflectivos que aíslan térmicamente los sensores del ambiente, compuestos por un aislante de pvc de 2 mm y de una película reflectiva. [5]

En la figura 3 se pueden observar los distintos tipos de sensores.

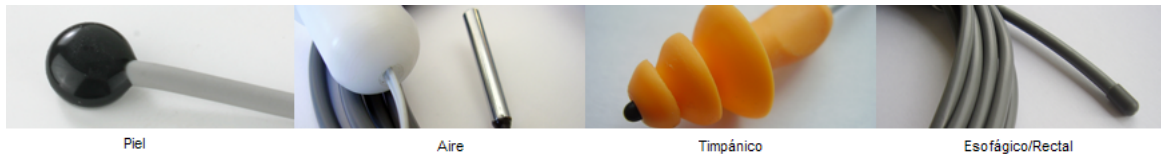


Figura 3: Foto de los distintos tipos de sensores [5]

3. Fundamentos y requerimientos

Se considera al RN un ser homeotérmico. A diferencia del adulto, solo produce calor por termogénesis química (grasa parda) y no por actividad muscular. El RN, en particular los Pre Término, acumulan poca grasa parda y sus reservas térmicas son limitadas. La morbi-mortalidad del RN aumenta si la temperatura es menor a 36 °C. [7]

Se define Termoneutralidad o ATN (Ambiente térmico neutro) al rango de temperatura ambiental a la cual el gasto metabólico es mínimo y la regulación de la temperatura se efectúa por mecanismos físicos no evaporativos. Entre los indicadores más importantes se da que el consumo de oxígeno es mínimo a ATN. [1] [2]

Rango de temperatura axilar, rectal: 36.5 °C a 37.5 °C

Rango de temperatura de piel abdominal: 36.0 °C a 36.5 °C

¹Sensores ofrecidos por Biogenesis SRL

²Información obtenida de www.biogenesis.com

En la figura 4 se observa la evolución de los rangos de ATN según crecimiento del RN.

CURVA DE AMBIENTE TERMICO NEUTRO

Edad y Peso (grs.)	Temperatura inicial °C	Rango de temperatura °C
6 horas: Menor de 1200	35.0	34.0 – 35.4
1200-1500	34.1	33.9 – 34.4
1501-2500	33.4	32.8 – 33.8
>2500 y/o >36 semanas	32.9	32.0 – 33.8
6 a 12 horas: Menor de 1200	35.0	34.0 – 35.4
1200-1500	34.0	33.5 – 34.4
1501-2500	31.1	32.2 – 33.8
>2500 y/o >36 semanas	32.8	31.4 – 33.8
12 a 24 horas: Menor de 1200	34.0	34.0 – 35.4
1200-1500	33.8	33.3 – 34.3
1501-2500	32.8	31.8 – 33.8
>2500 y/o >36 semanas	32.4	31.0 – 33.7
24 a 36 horas: Menor de 1200	34.0	34.0 – 35.0
1200-1500	33.6	33.1 – 34.2
1501-2500	32.8	31.6 – 33.6
>2500 y/o >36 semanas	32.1	30.7 – 33.5
36 a 48 horas: Menor de 1200	34.0	33.0 – 34.0
1200-1500	33.5	33.0 – 34.1
1501-2500	32.5	31.4 – 33.5
>2500 y/o >36 semanas	31.9	30.0 – 33.3
48 a 72 horas: Menor de 1200	34.0	34.0 – 35.0
1200-1500	33.5	33.0 – 34.0
1501-2500	32.3	31.2 – 33.4
>2500 y/o >36 semanas	31.7	30.1 – 33.2
72 a 96 horas: Menor de 1200	34.0	34.0 – 35.0
1200-1500	33.5	33.0 – 34.0
1501-2500	32.2	31.1 – 33.2
>2500 y/o >36 semanas	31.3	29.8 – 32.8
4 a 12 días: Menor de 1500	33.5	33.0 – 34.0
1501-2500	32.3	31.0 – 33.2
>2500 y/o >36 semanas:		
4-5 días	31.0	29.5 – 32.6
5-6 días	30.9	29.4 – 32.3
6-8 días	30.6	29.0 – 32.2
8-10 días	30.3	29.0 – 31.8
10-12 días	30.1	29.0 – 31.4
12 a 14 días: Menor de 1500	33.5	32.6 – 34.0
1501-2500	32.5	31.0 – 33.2
>2500 y/o >36 semanas	29.8	29.0 – 30.8
2 a 3 semanas: Menor de 1500	30.1	32.2 – 34.0
1501-2500	31.7	30.5 – 33.0
3 a 4 semanas: Menor de 1500	32.6	31.6 – 33.6
1501-2500	34.4	30.0 – 32.7
4 a 5 semanas: Menor de 1500	32.0	31.1 – 33.0
1501-2500	30.9	29.5 – 32.2
5 a 6 semanas: Menor de 1500	31.4	30.6 – 32.3
1501-2500	30.4	29.0 – 31.8

Figura 4: Rango de ATN [1]

Por debajo de los 36.5 °C axilar el RN entra en estado de hipotermia según la clasificación del Cuadro 1

Cuadro 1: Clasificación de hipotermia

Grado	T°Axilar(°C)
Hipotermia Leve	36 – 36.4
Hipotermia Moderada	35.5 – 35.9
Hipotermia Severa	<35.5

El RN al exponerse al frío reduce su temperatura en 0.3 °C/min. [1] Como consecuencia el RN puede entrar en estado de hipotermia en tan solo unos minutos. De aquí la importancia de que la exactitud de la medida de la temperatura sea de 0.1 °C y que el sensor tenga una respuesta rápida respecto al cambio de temperatura.

También es importante que la temperatura axilar no se eleve de los 37.2 °C dado que se entra en estado de hipertermia, donde se incrementa el aumento de oxígeno y glucosa.

4. Necesidades y problemas actuales

Los sensores en los RN se colocan preferentemente en el lateral del abdomen evitando la grasa parda y por esta razón el área de aplicación es reducida. La piel de los RN nacidos es muy sensible y requiere que el sensor se este cambiando de lugar para no lastimar la piel, de aquí la necesidad de que la medida se pueda realizar por medios de no contacto con la piel como puede ser la termometría infrarroja.

En la actualidad estás técnicas carecen de la exactitud necesaria para realizar un buen control del RN, pero

se debe apostar a la mejora de ésta para su uso.

Por otro lado existe una diferencia entre la temperatura axilar y corporal, que hace que hoy en día se realice un monitoreo periódico con termómetro de mercurio. Los médicos se guían por la temperatura axilar y no tanto por la corporal haciendo que exista una falta de monitoreo automático de la temperatura axilar. Dado que la piel debajo del axila es aún más sensible que la del resto del cuerpo, se hace inviable que se utilicen los sensores de piel presentados.

5. Conclusiones

Los sensores de temperatura basados en termistores datan desde de la década de los 60 y desde entonces se han seguido utilizando para diversas aplicaciones. Su bajo costo, alta precisión e intercambiabilidad son las principales características que los han hecho perdurar en el tiempo. En particular la intercambiabilidad permite que no se tenga que recalibrar los equipos de monitoreo con el alto costo que esto puede significar. Quedan planteadas las necesidades y especificaciones de los requerimientos en la medida de la temperatura de los RN para la búsqueda de alternativas en los mecanismos de medición.

Agradecimientos

A Jorge Villardino por su tiempo y datos aportados.

Referencias

1. Termorregulación en el recién nacido, <http://www.prematuros.cl/webenfermerianeonatal/Diciembre/Termorregulaci\F3n.PDF>
2. Temperature Control in the Pre term Neonate, <http://www.perinatal.nhs.uk/phdnf/practice/Neonatal%20Temperature%20Control.pdf>
3. Industrial Informatics and Real-Time Systems Group, www.gii.upv.es/personal/gbenet/...IIN.../termistores/termistores.doc
4. <http://www.ussensors.com>
5. <http://www.biogenesis.com>
6. Stanley Wolf, Richard F. M. Smith, *Guía para Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio*, Prentice Hall, 1992.
7. <http://www.prematuros.cl/guiasneo/termoregulacion.pdf>