

11249

11



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO "FEDERICO GOMEZ"

APLICACION DE UN PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL CALCULO DEL BALANCE DE CALOR Y SU REPERCUSSION SOBRE LA TEMORREGULACION EN RECEN NACIDOS PRETERMINO EN LA UCIN DEL HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO "FEDERICO GOMEZ"

TESIS DE POSGRADO QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: NEONATOLOGIA PRESENTA: DRA. LILIANA FLORES GALLARDO

TUTOR. DR. ENRIQUE UDAETA MORA



MEXICO, D. F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO
"FEDERICO GOMEZ"

APLICACION DE UN PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL CALCULO DEL
BALANCE DE CALOR Y SU REPERCUSION SOBRE LA
TERMORREGULACION EN RECIEN NACIDOS PRETERMINO EN LA UCIN
DEL HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO "FEDERICO GOMEZ"

REALIZADO POR: DRA LILIANA FLORES GALLARDO

DIRECTOR DE TESIS: DR ENRIQUE UDAETA MORA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Enrique Udaeta Mora", is written over a horizontal line. The signature is slanted upwards to the right.

A Elenita por enseñarme el amor,
respeto y alegría del milagro de vivir.

A Toño por su compañía.

A mis hermanas y sobrinos por
la ayuda y compañía, gracias.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	6
MATERIAL Y METODO	7
RESULTADOS	9
DISCUSION	15
CONCLUSIONES	20
BIBLIOGRAFIA	21
ANEXOS	22

INTRODUCCION

La influencia del ambiente térmico en el que se cuida a un recién nacido constituyó una de las principales preocupaciones de quienes fueron los iniciadores de la neonatología

El arte de la "incubación" inicia en el antiguo Egipto donde se practicó como parte del desarrollo agropecuario; ahí se realizaron los primeros estudios observando como el ascenso y descenso de la temperatura en una cámara cerrada donde se introducían embriones de pollo podía mejorar los especímenes que se producían. Posteriormente en 1799 Napoleón realiza una expedición a Egipto donde aprende el concepto y lo traslada a Francia donde fué usado para la producción de aves exóticas en cautiverio

En 1830 en París, el obstetra Tarnier fué el primero en aplicar el concepto de incubación en recién nacidos prematuros (a los cuales se refería como "débiles") Tarnier y sus colaboradores Budin y Auvard se dedicaron a perfeccionar en los siguientes 60 años su "incubadora", logrando mejorar la sobrevivencia en un 33-66% en pacientes menores de 2000g.

En 1959 Cross y Hill (Londres) propusieron el concepto de ambiente térmico neutro en pacientes incubados artificialmente. En 1962 Brock (Alemania) demostró los cambios en la tasa metabólica del consumo de O₂ como indicador de un ambiente térmico neutro:

El control de la temperatura corporal se alcanza por un complejo sistema en donde existen vías de retroalimentación que crean un balance entre la producción y pérdida de calor. La llave de este sistema se localiza a nivel central en el hipotálamo y en el sistema límbico, sus efectos son la termogénesis a través del sistema vasomotor, sudoración y diferentes sistemas eferentes nerviosos ²

Alteraciones en uno o más de los elementos de la termorregulación producen alteraciones en la temperatura corporal. En el caso de un recién nacido, especialmente en los pretérmino, la inmadurez de estos sistemas termorreguladores lo hacen más vulnerable a los cambios en la temperatura ambiente.

En el cuerpo el calor se produce en varios órganos y tejidos con diferentes tasas metabólicas; por lo tanto encontramos diferentes temperaturas en diversas áreas del cuerpo, de acuerdo a su contribución en la producción total de calor. La contribución del cerebro es aproximadamente 6 veces mayor en relación a la del hígado. En el recién nacido una parte significativa de calor se produce en la mitad superior del cuerpo, principalmente en la cabeza.^{3,4,5}

En recién nacidos de término la termogénesis no mediada por temblor muscular (oxidación del tejido adiposo pardo) es la principal vía para un incremento rápido en la producción de calor en respuesta a la exposición a un ambiente frío. Durante el primer año de vida el papel de la termogénesis medida por temblor muscular aumenta progresivamente y disminuye la mediada por la oxidación de tejido adiposo pardo (TAP). En recién nacidos muy prematuros, la grasa parda comienza su aparición aproximadamente a las 26 semanas de gestación. La cantidad de TAP incrementa rápidamente constituyendo cerca del 10% de peso corporal al llegar a término. La producción de calor en el TAP es el resultado de la actividad de una proteína mitocondrial llamada termogenina. La oxidación del TAP se activa por el hipotálamo vía sistema nervioso simpático. Los recién nacidos muy prematuros no tienen la capacidad para desencadenar la oxidación del TAP, si bien por la inmadurez neurológica también por la baja reserva de este tejido.^{6,7}

Otro sistema importante es la termorregulación mediada por vasoconstricción y vasodilatación tanto en recién nacidos de término y pretérmino. En presencia de una capa subcutánea de grasa la vasoconstricción periférica conduce a una reducción substancial de la pérdida de calor. En recién nacidos muy prematuros (por abajo de las 26 semanas de gestación) la capa de grasa subcutánea es muy delgada lo cual limita considerablemente la pérdida de calor por esta vía.

En un ambiente caliente, la producción de sudor incrementa las pérdidas de calor. La inervación para la producción de sudor (similar a la vasodilatación) se regula por el hipotálamo a través del sistema simpático. El recién nacido de término tiene más glándulas sudoríparas comparado al adulto. Sin embargo, su respuesta es de solamente una tercera parte. Esta respuesta es nula en pretérminos.^{8,9}

Se conoce ampliamente que hay una fuerte asociación entre sobrevivencia y temperatura ambiente, particularmente en recién nacidos con bajo peso al nacimiento (Por debajo de la percentil 10 para la edad gestacional).

Cuando la temperatura cae de 1-2°C la primera respuesta es la termogénesis no mediada por temblor muscular (la cual inicia en muchos órganos del cuerpo). El sitio más importante es la grasa parda, la cual contiene altas concentraciones de triglicéridos, es rica en capilares y ampliamente inervada por terminaciones simpáticas. Cada célula contiene numerosas mitocondrias. La noradrenalina estimula la lipólisis y la actividad de la termogenina. La tiroxina juega un papel muy importante, se convierte a su forma activa T3 por la enzima 5' desiodinasa estimulada por la termogenina. La elevación aguda al nacimiento de la T3 y T4 parecen tener significado limitado en relación a la termogénesis. El efecto de la noradrenalina y la termogenina a nivel intracelular en la conversión de T4 a T3 que ocurre al nacimiento parece ser más importante.¹⁰

La hipoxia es otro factor que parece afectar la termogénesis mediada por TAP. Ésto es importante ya que al recién nacido que se somete a una combinación de hipoxia y frío tiene alto riesgo de mortalidad ¹¹.

Los recién nacidos pretérmino con peso bajo para la edad gestacional tienen mayor problema para la regulación de la temperatura corporal comparados con aquellos con peso adecuado debido a su pobre aislamiento por tejido adiposo, ésto es más aparente en los primeros 4 días de vida. Sin embargo, en estudios que comparan a recién nacidos pretérmino con peso bajo contra peso adecuado posterior a las 32 semanas de gestación no encuentran diferencias entre ambos grupos ¹².

Para recién nacidos pretérmino con edad gestacional por abajo de 30 semanas la influencia de las pérdidas por evaporación es alta durante la primera semana de vida. Esta pérdida se puede minimizar suministrando altos niveles de humedad en la incubadora. Bajos niveles de humedad no solo causan incremento en las pérdidas de calor sino también piel seca y favorece la presencia de infecciones por hongos.

Al ser el calor una forma de energía se rige por las leyes de la conservación de la energía. Se transmite según la ley que enuncia que toda energía tiende a igualarse, de tal manera que ahí donde existe un gradiente térmico, se produce transmisión del calor. En el organismo se habla de un gradiente térmico interno, que equivale a la diferencia de temperatura entre el interior del cuerpo -donde están los órganos de mayor actividad metabólica, y por ende de mayor producción de calor- y la piel. El gradiente externo es la diferencia de temperatura que existe entre la piel y el ambiente. El calor se pierde o transmite a través de diversos mecanismos físicos: la conducción, la radiación, la convección y la evaporación.

La conducción es la transmisión de energía térmica entre dos cuerpos que están en contacto directo. La cantidad de calor conducido depende de la temperatura, del tamaño de las superficies en contacto y del coeficiente de conducción de las sustancias; éste último depende de la calidad conductora de un determinado material: un mal conductor de calor, como la lana y las plumas, es un buen material aislante a diferencia de los buenos conductores como los metales.

En el caso de la radiación, el calor se transmite entre la superficie de cuerpos que están a distancia a través de ondas del espectro electromagnético. La cantidad de calor irradiado es proporcional a las diferencias de temperatura entre los cuerpos y la magnitud de la superficie expuesta a la radiación. Por otro lado es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre dos cuerpos y está condicionada por la emisividad de las superficies radiantes, que es la capacidad de absorber o reflejar el calor irradiado. Los metales brillantes, como el aluminio

y los que son afines, tienen una baja emisividad, y reflejan alrededor del 95% del calor que reciben por radiación. Son este sentido buenos aislantes. La piel solo refleja el 3% del calor irradiado, absorbiendo alrededor del 97%

La convección es un mecanismo para transmisión del calor que únicamente se aplica a los fluidos sean estos líquidos o gases. Equivale a "la conducción en movimiento" es decir, al intercambio calórico por contacto directo de moléculas en movimiento. La magnitud de este intercambio depende de la diferencia de temperatura entre el fluido y el cuerpo que hace contacto con él, de la real superficie de contacto y de la velocidad del fluido. Por esta razón las corrientes de aire aumentan sensiblemente las pérdidas por convección del recién nacido especialmente si está desnudo.

La evaporación es un mecanismo por el cual se pierde calor, ya que cada gramo de agua evaporada exige un gasto calórico de 0.58 calorías. La sudoración es una defensa efectiva contra el calor. Las pérdidas por evaporación aumentan en relación directamente proporcional a la temperatura ambiental y a las fuentes de calor radiante (fototerapia y cunas calefaccionadas) a las que se exponga a un prematuro desnudo. La humedad en el aire también influye en las pérdidas por evaporación, las que disminuyen cuanto mayor sea la humedad ambiental.

La mejor forma de obtener un ambiente térmico neutro en pacientes prematuros es el uso de incubadoras de doble pared. La importancia de la humedad higiénica dentro de una incubadora de doble pared disminuye de manera considerable la pérdida de calor por evaporación sobre todo en la primera semana de vida, donde se recomienda de 40-60% de humedad. Por cada mililitro de agua evaporada a través de la piel del recién nacido se consumen 560 calorías.¹³

En estado de reposo la producción de calor del recién nacido incrementa en un rango de 35-40kcal/kg/día durante el primer día de vida, posteriormente de 40-60kcal/kg/día durante el periodo neonatal tardío. Los recién nacidos sanos incrementan su tasa de producción de calor en respuesta al frío, por la vía de la termogénesis mediada por oxidación de TAP, éste mecanismo se dispara cuando la temperatura corporal baja a menos de 35-36°C.

En condiciones de termoneutralidad, donde no hay variaciones de temperatura, la temperatura corporal se regula solamente por vasoconstricción y vasodilatación. Existen varias aproximaciones para establecer un estado térmico neutro en el recién nacido, basado en la temperatura ambiental, gradiente temperatura corporal/temperatura ambiental y temperatura de la pared abdominal. Para recién nacidos <1500g que requieren incubadora, el estado térmico neutro se alcanza cuando los calores de la incubadora se ajustan para mantener una temperatura

en la pared abdominal entre 36-37°C Para recién nacidos que se encuentran en cunas de calor radiante esta termoneutralidad se alcanza cuando la temperatura en la pared abdominal se encuentra entre 36.5 y 37.5°C

Se ha observado que en recién nacidos de término, el vestirse tempranamente (gorro camiseta pañal) facilita el alcanzar un ambiente térmico neutro con una mínima tasa de producción de calor a una temperatura ambiente aproximada de 24°C Sin embargo, cuando esto se realiza en recién nacidos con peso <1500gr se necesitan altas temperaturas en el aire ambiente de hasta 30°C para obtener los mismos resultados

Para recién nacidos de bajo peso que requieren incubadora, se ha tratado de establecer por diversos estudios cual es la humedad y temperatura deseables para mantener una buena temperatura en la pared abdominal. Se ha demostrado que un incremento en la humedad relativa en incubadoras frías (temperatura media del aire en la incubadora de 29°C) da como resultado una importante reducción en la mortalidad en recién nacidos de bajo peso. Esto nos lleva a la hipótesis de que una humedad elevada reduce las pérdidas por evaporación las cuales son muy altas en estos pacientes Sin embargo, no hay ninguna ventaja en la sobrevivencia a largo plazo al utilizar humedad alta para proveer un ambiente térmico neutro. Esta hipótesis tuvo mayor sustento con estudios posteriores aplicados sobre todo en prematuros menores de 1kg.

Sin embargo, también se han realizado estudios donde se ven los beneficios de mantener un ambiente térmico neutro elevando los calores de la incubadora para incidir sobre la temperatura del aire de la incubadora (31-32°C) sin necesidad de recurrir a una humedad relativa elevada, observando una disminución en la mortalidad hasta en un 20%

La importancia de mantener un ambiente térmico neutro es importante de manera particular en la primer semana de vida Después de la primer semana, hay menor evidencia de que el ambiente térmico repercute en la mortalidad.¹⁴

En la UCIN del Hospital Infantil de México "Federico Gómez" aún no se ha estandarizado la temperatura y humedad a la cual deben ajustarse las incubadoras en pacientes prematuros, en la actualidad esto se realiza de forma empírica y sobre la "experiencia" del personal médico y paramédico a cargo del paciente En el presente estudio se aplicó un programa de cómputo para observar si su empleo disminuye los problemas de termorregulación en los primeros días de vida en pacientes prematuros, tratando de disminuir este grave problema que condiciona en muchas ocasiones complicaciones innecesarias

OBJETIVO GENERAL

Aplicar un programa de cómputo para establecer un balance de calor neutro y observar su repercusión sobre la termorregulación, peso y balance de líquidos en recién nacidos pretérmino con peso menor de 1500g y compararlo con pacientes de las mismas características en quienes no se aplique el programa

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar en prematuros menores de 1500g cuáles son sus pérdidas de calor por convección, radiación y evaporación empleando un programa de cómputo

Calcular el calor y humedad óptimos para cada prematuro menor de 1500g de acuerdo a su peso y edad gestacional y observar si manteniendo un balance de calor neutro se observan menos alteraciones en la termorregulación, peso y balance de líquidos en los primeros tres días de vida.

Recomendar cambios en los parámetros de la incubadora (temperatura y humedad) de acuerdo a los datos obtenidos del programa de cómputo

Capacitar al personal de salud de la UCIN del Hospital Infantil de México "Federico Gómez" para el adecuado ajuste de la temperatura y humedad de las incubadoras de terapia intensiva de este servicio

MATERIAL Y METODO

Se realizó un estudio replicativo, transversal experimental, cerrado y prospectivo en la UCIN del Hospital Infantil de México "Federico Gómez" durante el periodo de mayo-octubre del 2000, incluyendo a todos los recién nacidos que ingresaron a esta sala con un peso menor de 1500g en su primer día de vida.

El material necesario para la realización del proyecto fué

- Incubadora marca Dräger modelo 8000 IC/SC
- Programa de Cómputo para cálculo de balance de calor desarrollado por Drägerwerk AG Lubeck versión 3 02 que corre bajo Microsoft Excel 4 0 PC compatible (Anexo 1)
- Termómetro ambiental
- Báscula para determinar el peso de los pacientes
- Termómetro para medición de temperatura rectal y axilar.
- Hoja de recolección de datos (Anexo 2)

En el método de selección de pacientes se establecieron dos grupos.

- El grupo I en los que se aplicó el programa de cómputo Drägerwerk AG Lubeck versión 3 02 que corre bajo Microsoft excel 4 0 PC compatible para el ajuste de temperatura y humedad de la incubadora
- El grupo II donde se programó temperatura y humedad por el personal de enfermería de acuerdo a tablas establecidas por el fabricante

De modo alterno se designó el grupo al que perteneció cada paciente conforme su ingreso en orden cronológico a la UCIN.

Los criterios de inclusión fueron.

- Prematuros con peso menor o igual a 1500g al nacer.
- Ingresar en su primer día de vida
- Permanecer en UCIN por lo menos 4 días.

Los criterios de exclusión fueron

- Pacientes con choque séptico.
- Pacientes con hemorragia intraventricular GII o III de la clasificación de Volpe y Papille
- Pacientes con insuficiencia renal aguda.
- Pacientes con descompensación hemodinámica que requirieron uso de aminas vasopresoras

Los criterios de eliminación fueron

- Pacientes que requirieron uso de casco cefálico dentro de la incubadora
- Pacientes que cambiaron de modelo de incubadora

Se utilizaron las siguientes definiciones operativas

- **HIPERTERMIA RELACIONADA A INCUBADORA** Presencia en forma aislada de temperatura axilar $>38^{\circ}\text{C}$ o temperatura rectal $>38.5^{\circ}\text{C}$ que remite al disminuir temperatura o porcentaje de humedad o ambas no asociada a síndrome de respuesta inflamatoria sistémica
- **HIPOTERMIA RELACIONADA A INCUBADORA** Presencia de forma aislada de temperatura axilar $<36^{\circ}\text{C}$ o rectal $<36.5^{\circ}\text{C}$ que remite al incrementar temperatura o porcentaje de humedad o ambas no asociada a síndrome de respuesta inflamatoria sistémica
- **PERDIDAS POR CONVECCION, RADIACION, EVAPORACION, BALANCE DE CALOR** Se establecieron por medio del programa de cómputo
- **PESO** Se pesó diariamente al paciente por la mañana al programarse los ajustes de la incubadora.
- **BALANCE HIDRICO** Se registraron ingresos y egresos de líquidos calculándose las pérdidas insensibles a $600\text{ml}/\text{m}^2\text{SC}$ Se tomó el balance acumulado de los tres primeros días de vida

El intervalo de observación fué de tres días, realizándose las mediciones cada 24 horas. Se analizaron los datos calculándose media, frecuencia promedio y porcentaje

RESULTADOS

Se reclutaron 20 pacientes en cada uno de los grupos de estudio, de los cuales el mayor número se encontró con un peso entre 1000-1500g con una edad gestacional predominante entre las 32-34 semanas (Cuadro 1 y 2)

CUADRO 1
DISTRIBUCION POR PESO

PESO	*GRUPO I	**GRUPO II
750-999g	1	1
1000-1249g	6	11
1250-1500g	13	8
TOTAL	20	20

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de cómputo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermería

CUADRO 2
DISTRIBUCION POR EDAD GESTACIONAL

EDAD GESTACIONAL	*GRUPO I	**GRUPO II
28-29 6semanas	2	4
30-31 6semanas	7	5
32-33 6semanas	10	8
34-36semanas	1	3
TOTAL	20	20

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de cómputo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermería

Se encontró que el 100% de los pacientes en los cuales no se aplicó el programa de cómputo presentaron alguna alteración en la termorregulación siendo la más frecuente la hipertermia en un 70%, contra un 30% de hipotermia. En el grupo I solamente se reportó 1 caso (5%) de hipertermia. A pesar de contarse con tablas de referencia para ajuste de temperatura y humedad (sugerencia del fabricante) nunca se consultaron por el personal de enfermería (Cuadro 3)

CUADRO 3
ALTERACIONES EN LA TERMORREGULACION

PESO	GRUPO I (PROGRAMA DE COMPUTO)				GRUPO II (SIN PROGRAMA DE COMPUTO)			
	HIPOTERMIA		HIPERTERMIA		HIPOTERMIA		HIPERTERMIA	
	No	%	No	%	No	%	No	%
750-999g	0	0	0	0	0	0	1	5
1000-1249g	0	0	0	0	3	15	4	20
1250-1500g	0	0	1	5	3	15	9	45
TOTAL	0	0	1	5	6	30	14	70

En los recién nacidos con peso bajo para edad gestacional, en el grupo I solamente se reporta 1 caso de hipertermia, en el grupo II, el 81.7% de esta población presentó alguna alteración en la termorregulación, siendo nuevamente más frecuente la hipertermia (72.7%) (Cuadro 4)

CUADRO 4
FRECUENCIA DE ALTERACIONES EN LA TERMORREGULACION EN RECIEN
NACIDOS CON PESO BAJO PARA EDAD GESTACIONAL

	GRUPO I (N=10) (CON PROGRAMA DE COMPUTO)		GRUPO II (N=11) (SIN PROGRAMA DE COMPUTO)	
	No	%	No	%
HIPERTERMIA	1	10	8	72.7
HIPOTERMIA	0	0	1	9
TOTAL	1	10	9	81.7

En relación al peso en el grupo I no se observó variación importante en el peso al ingreso y el peso en los tres primeros días de vida. No obstante, en el grupo II se observó un descenso mayor del 10% en el 20% de los pacientes (Cuadro 5)

CUADRO 5
PORCENTAJE DE PERDIDA DE PESO EN LOS PRIMEROS
TRES DIAS DE VIDA EN EL GRUPO II
(SIN APLICACION DEL PROGRAMA DE COMPUTO)

	5-10% DEL PESO AL NACIMIENTO		> DEL 10% DEL PESO AL NACIMIENTO	
	No	%	No	%
750-999g	1	5	0	0
1000-1249g	8	40	2	10
1250-150g	7	35	2	10
TOTAL	16	80	4	20

En el grupo I al aplicar el programa de cómputo se sugiere no variaciones importantes en la temperatura no encontrándose variaciones mayores a 1°C en los tres primeros días. Se encontró en el grupo II que se realizan variaciones de hasta 2°C entre cada día; así mismo, se encontró que en el grupo II se aplicaron temperaturas más altas (diferencia de 2°C) en relación al grupo I. Cuadro 6)

CUADRO 6
PROMEDIO DE TEMPERATURA EN °C APLICADO
EN LOS PRIMEROS 3 DIAS DE VIDA

PESO	DIA 1	*GRUPO I		**GRUPO II		
		DIA 2	DIA 3	DIA 1	DIA 2	DIA 3
750-999g	34.1	33.6	33.4	36	34	34
1000-1249g	33.9	33.4	32.8	35	34.7	34.8
1250-1500g	32.9	32.8	32.6	35.3	34.1	34.2

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de cómputo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermería

En cuanto a la humedad encontramos que en grupo I se utiliza un mayor porcentaje en relación al grupo II (diferencia cercana a 20%), así mismo los descensos no son tan súbitos como en el grupo II donde los descensos de un día a otro llegan a ser de hasta 10% (Cuadro 7)

CUADRO 7
PROMEDIO DE HUMEDAD EN % APLICADO
EN LOS PRIMEROS 3 DIAS DE VIDA

PESO	*GRUPO I			**GRUPO II		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 1	DIA 2	DIA 3
750-999g	78	75	72	80	80	80
1000-1249g	71.3	70.6	69.1	49	43.5	44
1250-1500g	69.3	68.4	67.3	49.2	44.3	43.1

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de computo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermería

Con respecto al balance de líquidos el grupo II siempre se encontró con balances negativos, a diferencia del grupo I, donde siempre fueron positivos (Cuadro 8)

CUADRO 8
PROMEDIO DEL BALANCE DE LIQUIDOS ACUMULADO
DE LOS PRIMEROS TRES DIAS DE VIDA

PESO	*GRUPO I	**GRUPO II
750-999g	+ 13.2	- 10.4
1000-1249g	+ 8.57	- 55.4
1250-1500g	+ 5.23	- 60.6

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de computo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermería

Al aplicar el programa de cómputo el grupo I siempre presentó un balance de calor neutro (finalidad del programa). En el grupo II se encontró que rutinariamente los ajustes realizados en temperatura y humedad tienden a presentar balances positivos lo cual se traduce como un sobrecalentamiento del paciente siendo esto más acentuado en el primer día (al ingreso del paciente) (Cuadro 9)

CUADRO 9
PROMEDIO DE BALANCE DE CALOR
EMPLEANDO EL PROGRAMA DE COMPUTO

PESO	*GRUPO I			**GRUPO II		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 1	DIA 2	DIA 3
750-999g	0	0	0	+ 1.13	+ 0.42	+ 0.42
1000-1249g	0	0	0	+ 0.15	+ 0.58	+ 0.54
1250-1500g	0	0	0	+ 1.04	+ 0.60	+ 0.76

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de cómputo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermería

Con respecto a las pérdidas por convección, radiación y evaporación, se observa que son mayores en el grupo II, siendo más importantes por radiación y en segundo lugar por evaporación (Cuadro 10, 11 y 12)

CUADRO 10
PERDIDAS POR CONVECCION CALCULADAS
CON EL PROGRAMA DE COMPUTO

PESO	*GRUPO I			**GRUPO II		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 1	DIA 2	DIA 3
750-999g	0	- 0.43	- 0.42	- 0.37	- 0.46	- 0.5
1000-1249g	- 0.43	- 0.40	- 0.38	- 0.50	- 0.63	- 0.78
1250-1500	- 0.29	- 0.43	- 0.71	- 0.90	- 0.95	- 1.03

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de cómputo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermería

CUADRO 11
 PERDIDAS POR RADIACION CALCULADAS
 CON EL PROGRAMA DE COMPUTO

PESO	*GRUPO I			**GRUPO II		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 1	DIA 2	DIA 3
750-999g	- 0.13	- 0.73	- 0.8	- 0.73	- 0.79	- 0.86
1000-1249g	- 0.76	- 0.86	- 0.76	- 1.06	- 1.19	- 1.35
1250-1500g	- 0.70	- 0.95	- 0.91	- 1.50	- 1.52	- 1.65

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de computo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermeria

CUADRO 12
 PERDIDAS POR EVAPORACION CALCULADAS
 CON EL PROGRAMA DE COMPUTO

PESO	*GRUPO I			**GRUPO II		
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 1	DIA 2	DIA 3
750-999g	- 0.84	- 0.69	- 0.60	- 0.66	- 0.61	- 0.93
1000-1249g	- 0.68	- 0.61	- 0.48	- 0.91	- 0.90	- 0.81
1250-1500g	- 0.56	- 0.57	- 0.52	- 1.06	- 0.98	- 0.84

* Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora de acuerdo al programa de computo

** Ajuste de temperatura y humedad en la incubadora por el servicio de enfermeria

DISCUSION

La temperatura corporal es controlada dentro de ciertos límites óptimos estrictos para la función normal y supervivencia. El control térmico es logrado por un complejo sistema de retroalimentación que crea un balance entre la producción de calor, la ganancia de calor y la pérdida. Trastornos en uno o más de los elementos de la termorregulación resultan en una temperatura anormal, ya sea alta o baja, lo cual condicionará un deterioro en la homeostasis corporal condicionando mala función pulmonar, acidosis metabólica, hipoglucemia, hipotensión por mecanismos vasomotores, balance hídrico negativo con deshidratación, etc. El prematuro es especialmente sensible, ya que los mecanismos involucrados en la termorregulación no se encuentran desarrollados del todo.

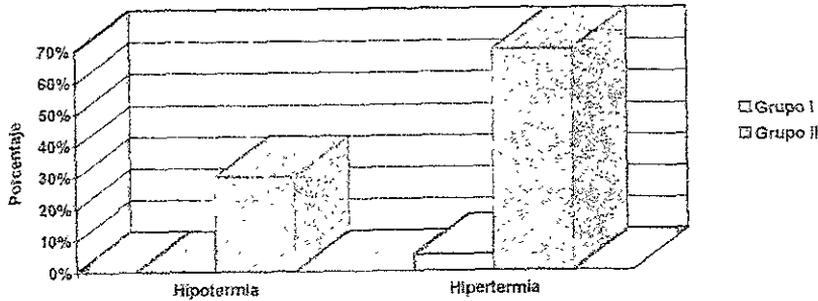
Cada vez es mayor el número de neonatos de muy bajo peso que sobreviven como resultado de un manejo intensivo neonatal; sin embargo, su abordaje relacionado con líquidos parenterales, control térmico, aporte de glucosa y calorías se mantiene en controversia, puesto que un aporte muy alto de líquidos se relaciona con apertura del conducto arterioso o displasia broncopulmonar. Así vemos con frecuencia que se tiene mucho cuidado en calcular alimentación, líquidos y calorías con detalladas fórmulas y tablas; sin embargo confiamos en nuestra experiencia y empirismo al decidir que humedad y temperatura son las deseables en diferentes edades y pesos, y se pierde objetividad.

En este estudio encontramos diferencias importantes al decidir de forma empírica contra una sistematizada la humedad y temperatura necesarias para ofrecer un ambiente térmico neutro. La primera y muy importante es el hecho de que se reduce importantemente los eventos de distermias relacionados a incubadoras al emplear un programa estadístico. (Fig 1)

El objetivo de este estudio fué tratar de establecer que errores cometemos con las rutinas aplicadas en temperatura y humedad. Observamos que los más frecuentes es que se "sobrecaliente" al paciente. Esto se ve reflejado en los balances de calor positivos, así mismo no ofrecemos la cantidad adecuada de humedad que se requiere para evitar pérdidas por evaporación.

Otro error es el realizar grandes variaciones de un día a otro en temperatura y humedad, lo cual probablemente no permite una transición exitosa en la termorregulación en la vida extrauterina.

Fig. 1
 Frecuencia de Alteraciones en la Termorregulación en Recién Nacidos
 Pretérmino
 Grupo I (Con Programa Drägerwerk AG Lübeck)
 Grupo II (Sin Programa Drägerwerk AG Lübeck)



Existen dos puntos importantes a analizar con los resultados encontrados en el grupo II:

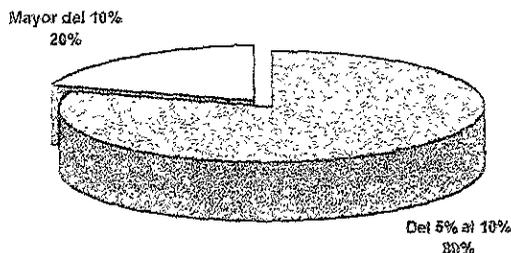
- La pérdida de peso entre el 5-10% en relación al peso al nacimiento en los primeros tres días de vida.(Fig. 2)
- La obtención de balances negativos

En relación al primer punto podemos comentar que una constante en los balances de calor en el grupo II es que éstos eran positivos, lo cual nos indica que el paciente está siendo "sobrecalentado"; ésto implica que las pérdidas por evaporación aumentan. No debemos olvidar que la piel del prematuro es delgada, cuenta con una capa delgada de tejido subcutáneo y no es un buen aislante. Lo anterior se puede corregir empleando porcentajes elevados de humedad, ésto se ha reportado ampliamente en la literatura como ya se comentó en la introducción; sin embargo, se sugiere emplear humedad elevada con temperatura relativamente baja (30-31°C).

El emplear temperaturas relativamente elevadas puede ser efectivo para mantener una buena temperatura rectal; sin embargo no es lo óptimo, no debemos olvidar que ésto puede producir vasodilatación, aumentar las pérdidas por radiación e inclusive llevar a hipotensión por fenómenos vasomotores relacionados a temperatura ambiental.

Los factores anteriores pudieron haber condicionado deshidratación y baja de peso en nuestros pacientes.

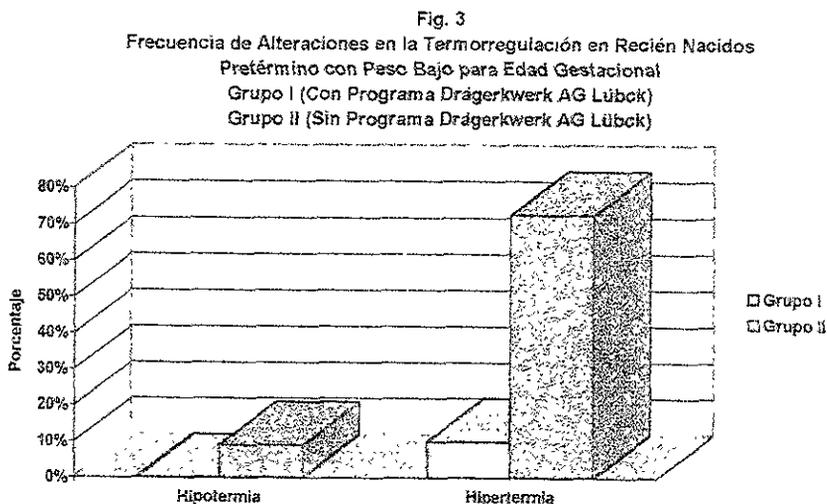
Fig. 2
Grupo II
Porcentaje de Pérdida de Peso en los Primeros Tres Días de Vida
(Sin Programa Drägerwerk AG Lübeck)



En relación al segundo punto podemos inferir que los fenómenos vasomotores que se pueden encontrar con mayor frecuencia en éstos pacientes (no olvidar que el tejido adiposo pardo es escaso para desencadenar termogénesis por esta vía) se realiza en diversos órganos incluyendo riñón. Conocemos que la transición de la función renal es lenta y delicada que la sobrecarga de líquidos en los primeros 5 días de vida pueden desencadenar poliuria con gran facilidad. Se encontró en este estudio que la gran mayoría de los balances hídricos fueron negativos a expensas de diuresis elevadas. Es difícil y arriesgado atribuir este fenómeno a alteraciones en la termorregulación, bien puede ser secundario a una sobrehidratación por el personal médico a cargo; no obstante, ésta no fué una variable controlable en nuestro estudio. Sin embargo, en este estudio se encontró que hay una mayor frecuencia de gastos urinarios elevados en pacientes que presentan hipertermia con balances de calor positivos. Es necesario una mayor cantidad de pacientes y estandarizar la cantidad de líquidos parenterales para poder atribuir una relación causa-efecto.

Otro de los peligros de favorecer hipertermia en nuestros pacientes, es dar falsas alarmas acerca de un proceso infeccioso, favoreciendo el uso de antimicrobianos y resistencia bacteriana a los mismos.

De forma similar a lo que se reporta en la literatura encontramos que los recién nacidos con peso bajo para la edad gestacional el 87% de éstos pacientes fueron más lábiles a presentar alguna alteración en la termorregulación relacionada a la incubadora. (Fig. 3)



Al realizar el análisis de pérdidas específicamente por evaporación, radiación y convección en los diferentes grupos no encontramos alguna diferencia importante en cuanto al peso; sin embargo volvemos a encontrar que el grupo II presenta mayores pérdidas, sobre todo en los días 2 y 3

Observamos que el personal de enfermería que es el más cercano a los ajustes realizados en temperatura y humedad a la incubadora, presentan una especial sensibilización a los recién nacidos menores de 1kg, en los cuáles inician con temperatura y humedad elevadas y realizan pocos cambios en la incubadora; sin embargo, en los prematuros de mayor peso se piensa que solamente al ingreso necesitan una temperatura y humedad elevadas para mantener su temperatura y descienden rápidamente los parámetros hasta en un 10% en los siguientes dos días contrario a lo que se recomienda en el programa de cómputo, donde los cambios no son tan súbitos, no variando en la temperatura más de 1°C y la humedad no más del 5%. (Fig. 4 y 5)

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

Los hábitos anteriores se pueden cambiar en la medida que se tenga conocimiento de la repercusión de una mala transición en la termorregulación a la vida extrauterina secundaria a un mal manejo de una incubadora.

Fig. 4
Promedio de Temperatura en la incubadora en los Primeros Tres Días de Vida
Grupo I (Con Programa Drägerwerk AG Lübeck)
Grupo II (Sin Programa Drägerwerk AG Lübeck)

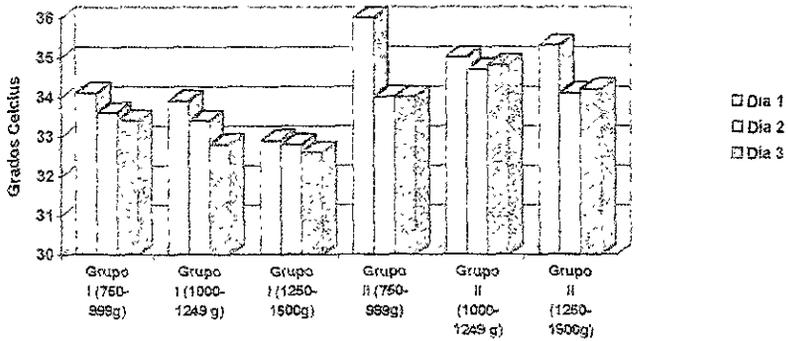
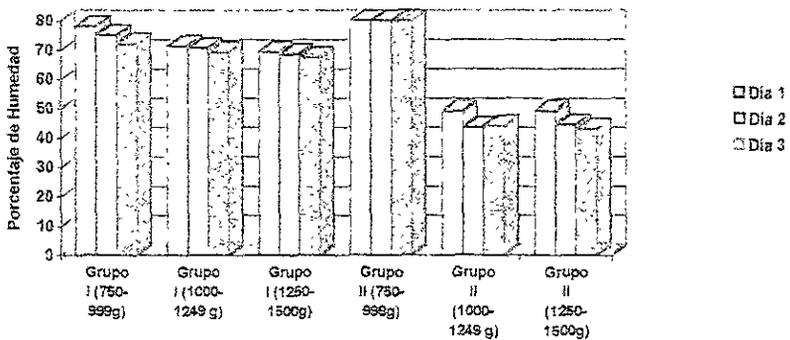


Fig. 5
Promedio de Porcentaje de Humedad en la Incubadora en los Primeros Tres
Días de Vida
Grupo I (Con Programa Drägerwerk AG Lübeck)
Grupo II (Sin Programa Drägerwerk AG Lübeck)



CONCLUSIONES

El principal problema detectado al no emplear un parámetro objetivo en el ajuste de humedad y temperatura en las incubadoras de terapia intensiva es el "sobrecalentamiento" del paciente favoreciendo la presencia de eventos de hipertermia

Los recién nacidos con peso bajo para la edad gestacional son especialmente sensibles a desarrollar alteraciones en la termorregulación secundarias a mal ajuste de la incubadora

Las alteraciones en la termorregulación secundarias al mal ajuste de las incubadoras altera la homeostásis en líquidos y secundariamente el peso en recién nacidos pretérmino menores de 1500g en los primeros 3 días de vida

Se recomienda en recién nacidos menores de 1500g los siguientes valores de humedad y temperatura en los primeros 3 días de vida en caso de no contar con un normograma o programa para establecer temperatura y humedad óptimos para el peso y edad gestacional

PESO	°c	%HUMEDAD
750-999g	34.1(± 1)	78(± 1)
1000-1249g	33.9(± 1)	71.3(± 1)
1250-1500g	32.9(± 1)	69.3(± 1)

Aplicar como instrumento de apoyo el programa de cómputo Drägerwerk AG Lübeck versión 3.02 en la UCIN del Hospital Infantil de México "Federico Gómez" para evitar problemas de termorregulación en recién nacidos pretérmino menores de 1500g.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Baumgart S. Thermal regulation in the fetus and newborn. En: Intensive Care of the fetus and neonate. Spitzer Ed. Mosby USA 1998
- 2 Wheeldon AE, Hull D. Incubation in very immature infants. *Arch Dis Child* 1993, 58:504-08
- 3 Bruck K. Neonatal thermal regulation. En: Fetal and Neonatal Physiology. Polin Ed. Philadelphia USA 1992
- 4 Bell EF, Ríos GR. Air versus skin temperature servo control of infants in incubators. *J Peds* 1983, 103:954-59
- 5 Mayfield SR et al. Temperature measurements in term and preterm neonates. *J Peds* 1984, 104:271-75
- 6 Trayhum P, Micholis DG. Brown adipose tissue. Edward Arnold Ltd. London 1986
- 7 Klingenberg M. Mechanism and evolution of uncoupling protein of brown adipose tissue. *TIBS* 1990, 15:100-02
- 8 Hey EN, Katz G. The range of thermal insulation in the tissues of newborn baby. *J physiol* 1997, 207:667-81
9. Beaufort K. et al. Postocclusive reactive hyperaemia of cutaneous blood flow in premature newborn babies. *Act Paed Scand Suppl* 1989, 360:20-24
- 10 Breall JA et al. Role of thyroid hormone in postnatal and metabolic adjustment. *J Clin Invest* 1994; 73:1418-24.
- 11 Gautier H, Bonora M. Ventilatory and metabolic response to cold and hypoxia in intact and carotid body-denervated rats. *J Appl Physiol* 1992, 73:847-54.
- 12 Bruck K. Neonatal Thermal regulation. En: Fetal and Neonatal Physiology. Polin R. Philadelphia USA 1992
- 13 Step guide. Thermal monitoring of patients in NICU. Dräger 1996.
- 14 Okken A, Koch J. Thermoregulation of sick and low birth weight neonates. Ed Springer. London 1995

ANEXOS

Transepidermal waterloss after Hammarlund, Sedin und Stromberg										[7][8]	
Diagram IWL50		[g/(m ² *h)]									
Life age [Days]		Gestational age [Weeks]									
<=	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
>=	36										
0	60	52	45	37	30	24	20	18	16	15	
13											
1	50	40	30	24	18	14	12	11	10	8	
2		45	30	22	18	15	13	11	9	8	
7										7	
3		30	22	17	13	11	11	9	8	7	
6										7	
4		20	16	13	12	11	10	9	8	7	
6										6	
5		15	12	11	11	10	10	9	7	6	
6										6	
6		10	9	9	9	9	8	7	6	6	
5										5	
7		8	8	8	8	7	7	6	6	5	
5										5	
8		6	6	6	6	6	6	6	6	5	
4										4	
9		5	5	5	5	5	5	5	5	4	
4										4	
>=	10										
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

References

- [1] Frankenberg, H. Guthe, A. Inkubatoren. Verlag TÜV Rheinland (1991)
- [2] Boyd, E. The growth in surface area of the human body. University of Minnesota Press (1935)
- [3] Drägerwerk Luebeck: Laboratory-Measurements on Incubator 8000 IC/SC (1992)
- [4] Drägerwerk Luebeck: Laboratory-Measurements on Incubator 8000 IC/SC (1992)
- [5] Bruek, K. Waermehaushalt und Temperaturregelung in Physiologie des Menschen. Schmidt, R.F., Thews, G., (Hrsg.), 21. Auflage, S 583 ff., Berlin Heidelberg, New York (1983)
- [6] Bruek, K. Temperature regulation in new-born infant. in Biol Neonate 3, 65, (1961)
- [7] Hammarlund, K., Sedin, G. Transepidermal water loss in new-born infants, III. Relation to gestational age. in Acta Paediatr Scand. 68, 795, (1979)
- [8] Hammarlund, K., Sedin, G. Transepidermal water loss in new-born infants VIII. Relation to gestational age and post-natal age in appropriate and small for gestational age. in Acta Paediatr. Scand 72, 721, (1983)
- [9] Okken, A., Blijham, C.; Franz, W.; Bohn, E. Effects of forced convection of heated air on insensible water loss and heat loss in preterm infants in incubators. in: The journal of Paediatrics 101, 108, (1982)
- [10] Obladen, M., Thermoregulation und Thermoregulationsstörungen bei Neugeborenen. Beitr. Intensiv-Notfallmed vol. 6, pp 82-99 (Karger, Basel 1987)
- [11] Marks, K.H.: Incubators. Medical Instrumentation 1987 vol. 21, No. 1
- [12] Yeh TF et al. Oxygen consumption and insensible water loss in premature infants in single-versus double walled incubators. J. Pediatr 97: 967, 1980
- [13] Boyd, E. The growth in surface area of the human body. University of Minnesota Press (1935)
- [14] International Standard CEI/IEC 601-2-19 First edition 1990-12.
- [15] Stevenson, Fluid administration of patient ductus arteriosus complicating respiratory distress syndrome, J. Pediatr. 1977, 90, 257-261
- [16] Bell, Effects of fluid administration on the development of symptomatic patient ductus arteriosus and congestive heart failure in premature infants. N Engl J Med 1980, 302; 598-604
- [17] Bell, High-volume Fluid intake predisposes premature infants to necrotising enterocolitis. Lancet 1979; II: 90
- [18] Thomas, Hyperosmolality and intraventricular haemorrhage in premature babies, Acta Paediatr Scand 1976, 65, 429-432
- [19] Halliday, H.L., McClure, G., Reid, M.: Handbook of Neonatal Intensive Care. 3. Edition, London Philadelphia Toronto Sydney Tokyo (1989)
- [20] Hey, E.N., Katz, G.: The optimum thermal environment for naked babies. Arch. Dis Child, 45 328-334 (1979)
- [21] Hey, E.N., Katz, G. Evaporative water loss in the newborn baby. J. Physiol. 200, 605-619 (1969)

ANEXO 2

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

GRUPO I _____ GRUPO II _____

NOMBRE _____ REGISTRO _____

EDAD GEST _____ EDAD AL INGRESO A UCIN _____ PESO AL INGRESO _____

DIAGNOSTICOS AL INGRESO _____

ALTERACION	DIA 1		DIA 2		DIA 3	
	PRESENTE	AUSENTE	PRESENTE	AUSENTE	PRESENTE	AUSENTE
HIPOTERMIA						
HIPERTERMIA						
TEMPERATURA °C INCUBADORA						
% HUMEDAD INCUBADORA						
TEMPERATURA AMBIENTAL						

BALANCE DE CALOR

BALANCE	DIA 1	DIA 2	DIA 3
BALANCE DE CALOR			
PRODUCCION DE CALOR			
PERDIDAS POR CONVECCION			
PERDIDAS POR RADIACION			
PERDIDAS POR EVAPORACION			
BALANCE HIDRICO DE 24 HRS			
DENSIDAD URINARIA			
PESO			

OBSERVACIONES _____
