

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



FACTORES PROTECTORES Y DE RIESGO PARA HIPOTERMIA
TRANSOPERATORIA EN PACIENTES GERIÁTRICOS A QUIENES
SE LES REALIZÓ EL PROCEDIMIENTO RESECCIÓN
TRANSURETRAL DE PROSTATA (RTUP)

JENNIFER ROCIO ALVAREZ REYES

Tesis

Presentada ante las autoridades de la
Escuela de Estudios de Postgrado de la
Facultad de Ciencias Médicas
Maestría en Anestesiología
Para obtener el grado de
Maestra en ciencias en Anestesiología

Mayo 2013



ESCUELA DE
ESTUDIOS DE
POSTGRADO

Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

La Doctora: Gabriela Anzueto Perussina

Carné Universitario No.: 100018084

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestra en Anestesiología, el trabajo de tesis **"Morfina intratecal para analgesia postoperatoria en pacientes postcesárea"**.

Que fue asesorado: Dra. Mercedes Ortiz

Y revisado por: Dr. Allan Jacobo Ruano MSc.

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para mayo 2013.

Guatemala, 30 de abril de 2013

Dr. Carlos Humberto Vargas Reyes MSc.
Director
Escuela de Estudios de Postgrado

Dr. Luis Alfredo Ruiz Cruz MSc.
Coordinador General
Programa de Maestrías y Especialidades

/lamo

Guatemala, 2 de Abril 2013.

Doctor
Oscar Arturo Villatoro
Coordinador Docente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
Presente

Estimado Doctor Villatoro:

Por este medio le informo que asesoré el contenido del Informe Final de Tesis con el título **MORFINA INTRATECAL PARA ANALGESIA POSTOPERATORIA EN PACIENTES POST CESÁREA**, presentado por la **Dra. Gabriela Anzueto Perussina** carné 100017915, el cual apruebo por llenar los requisitos solicitados por la Maestría en Anestesiología del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

Dra. Mercedes Ortiz
Asesora de Tesis

Especialista en Anestesiología
Hospital de Gineco-Obstetricia
Instituto Guatemalteco de Seguridad Social

Dra. Mercedes Ortiz de Alvarado
Médica y Cirujana
Anestesióloga
Col. No. 11,838

Guatemala, 20 de Marzo 2013.

Doctor

Oscar Arturo Villatoro

Coordinador Docente

Universidad de San Carlos de Guatemala

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social

Presente

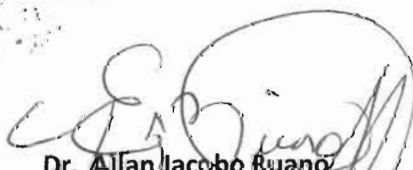
Estimado Doctor Villatoro:

Por este medio le informo que revisé el contenido del Informe Final de Tesis con el título **MORFINA INTRATECAL PARA ANALGESIA POSTOPERATORIA EN PACIENTES POST CESÁREA**, presentado por la **Dra. Gabriela Anzueto Perussina** carné 100018084, el cual apruebo por llenar los requisitos solicitados por la Maestría en Anestesiología del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

Dr. Allan Jacobo Ruano
Revisor de Tesis



Dr. Allan Jacobo Ruano

Revisor de Tesis

Docente de Investigación Maestría en Anestesiología
Universidad de San Carlos de Guatemala

AGRADECIMIENTOS

Le dedico esta tesis primero que todo a Dios, quien es el que me guía y me dio la fortaleza necesaria para no desvanecer en el camino. A mis padres y hermano quienes me brindaron todo su apoyo y amor durante este proceso, a mis amigos en especial a mi promoción de Anestesiología, con quienes compartí muchos logros, a todos los que creyeron en mi, pero en especial a la Universidad de San Carlos de Guatemala por ser mi casa de estudios durante todo este tiempo y darme todas las facilidades para crecer como profesional. Agradezco infinitamente a mis profesores que me instruyeron y me brindaron su amistad, también debo agradecer al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, ya que fue la institución que me permitió concluir mi formación como profesional, como persona y como ciudadana.

INDICE DE CONTENIDOS

I.	Introducción	1
II.	Antecedentes	3
III.	Objetivos	
	3.1 Objetivo General	49
	3.2 Objetivos Específicos	49
IV.	Material y Métodos	
	4.1 Tipo de Estudio	50
	4.2 Población a Estudio	50
	4.3 Selección y Tamaño de la muestra	50
	4.4 Unidad de Análisis	50
	4.5 Criterios de Inclusión	50
	4.6 Criterios de Exclusión	51
	4.7 Variables Estudiadas	
	4.7.1 Independientes	51
	4.7.2 Dependientes	51
	4.8 Operacionalización de las Variables	51
	4.9 Instrumentos utilizados para recolectar y registrar la información	54
	4.10 Procedimientos para la recolección de la información	54
	4.11 Procedimientos para garantizar aspectos éticos de la Investigación	55

4.12	Procedimientos de Análisis de la Información	55
V.	Resultados	56
VI.	Discusión y Análisis	66
6.1	Conclusiones	69
6.2	Recomendaciones	69
VII.	Referencias	70
VIII.	Anexos	74

INDICE DE TABLAS

Tabla # 1 Temperatura Central Auditiva	56
Tabla # 2 Frecuencia Cardiaca	56
Tabla # 3 Presión Arterial	57
Tabla # 4 Temblor Corporal	57
Tabla # 5 Hematocrito Sérico	57
Tabla # 6 Tiempos de Coagulación	57
Tabla # 7 Potasio Sérico	58
Tabla # 8 Glicemia Sérica	58
Tabla # 9 Temperatura y Hematocrito Sérico	59
Tabla # 10 Temperatura y Presión Arterial	60
Tabla # 11 Temperatura y Frecuencia Cardiaca	61

Tabla # 12 Temperatura y Glicemia Sérica 62

Tabla # 13 Temperatura y Potasio Sérico 63

Tabla # 14 Temperatura y Temblor Corporal 64

Tabla # 15 Temperatura y Tiempos de Coagulación 65

RESUMEN

En la práctica de la anestesiología la monitorización de la temperatura corporal sigue siendo una variable infravalorada y por ello infrautilizada en la gran mayoría de las intervenciones quirúrgicas llevadas a cabo. La Hipotermia ocurre frecuentemente durante el período transoperatorio siendo, sin embargo, raramente diagnosticada y tratada. En este estudio prospectivo de casos y controles, donde se estudiaron 58 pacientes geriátricos clasificados como ASA II sometidos a cirugía electiva de resección transuretral de próstata (RTUP) bajo efectos de anestesia Epidural durante los meses de abril a diciembre del año 2010 en el Hospital General de Enfermedad Común (IGSS), donde el objetivo principal fue demostrar los factores protectores y de riesgo para Hipotermia Transoperatoria, lo cual permitió adquirir un conocimiento más exacto de la dimensión de este problema en nuestro medio y a partir de este conocimiento, planificar las medidas a adoptar para disminuir su impacto en la morbilidad y mortalidad perioperatoria. Por lo que se concluye que comparados con los países latinoamericanos y europeos poseemos un bajo nivel de hipotermia siendo este de tipo leve en un 24.1% de la población a estudio, alterando esta los niveles séricos de potasio, glicemia y hematocrito y los signos vitales como la frecuencia cardíaca y la presión arterial, lo cual nos conlleva a alteraciones en los sistemas respiratorio, circulatorio y nervioso central, así como la función metabólica, hepática, renal y neuromuscular dependiendo del grado de hipotermia en el que se encuentre nuestro paciente.

I. INTRODUCCION

Actualmente en nuestro Hospital de Enfermedad Común-IGSS (Departamento de Anestesia) no se han realizado estudios de prevención de hipotermia intraoperatoria, es decir no contamos con antecedentes de este fenómeno lo que limita el conocer como ha venido evolucionando este problema en nuestro medio hospitalario, sin embargo diferentes estudios latinoamericanos y de otros países reportan un alto porcentaje.

La temperatura corporal de los pacientes puede descender de 1 a 1,5° C durante la primera hora de la anestesia. La hipotermia intraoperatoria interfiere en la función inmunológica, especialmente en la capacidad oxidativa de los neutrófilos, produce vasoconstricción cutánea y reduce el flujo sanguíneo de los tejidos quirúrgicos y se reduce el aporte de oxígeno, con lo cual se incrementa el riesgo de infección en el postoperatorio. La hipotermia también reduce la actividad plaquetaria, favoreciendo las pérdidas sanguíneas, potencia la aparición de escalofríos y facilita la activación del sistema nervioso central y con ello el incremento de morbilidad cardiovascular.

Varios estudios sugieren que la hipotermia intraoperatoria debe minimizarse, realizando un precalentamiento previo (calentamiento cutáneo activo y utilización de soluciones intravenosas calientes), así como tomar medidas transoperatorias como calentamiento pasivo (cubrir la superficie corporal expuesta y mantener la temperatura ambiente alrededor de 20-21°C) y calentamiento activo (utilizar colchones o mantas térmicas, lámparas infrarrojas y calentamiento de los fluidos para utilizar por vía intravenosa o para irrigación de cavidades corporales).

Es importante que se haya realizado un estudio Prospectivo de Casos y Controles en pacientes geriátricos a quienes se les realiza el procedimiento de resección transuretral de

próstata en el Hospital General de Enfermedad Común (IGSS) con el fin de demostrar los factores protectores y de riesgo para Hipotermia Transoperatoria que ellos presentan, ya que es una población especial de pacientes a los cuales confrontamos con mayor frecuencia dado el incremento paulatino que han tenido en las últimas décadas.

Los resultados obtenidos fueron que el 24.1% de los pacientes a estudio mostraron hipotermia transoperatoria catalogada como leve (35 a 32°C), lo cual aumento los niveles de Hematocrito, glicemia, la presión arterial y la frecuencia cardiaca y disminuyo los niveles de potasio, así como el temblor corporal siempre estuvo presente.

Como anestesiólogos debemos entender los cambios fisiológicos y psicológicos, así como las enfermedades habituales en este grupo de pacientes, para estar en la situación de brindarles un cuidado profesional adecuado y con ello minimizar las complicaciones transoperatorias.

II. ANTECEDENTES

La práctica de la anestesiología ha ido incorporando de forma progresiva nuevos parámetros de monitorización los cuales facilitan y potencian la labor del anestesiólogo en su práctica cotidiana, incrementando la seguridad de los pacientes bajo su responsabilidad. Sin embargo la monitorización de la temperatura corporal sigue siendo una variable infravalorada y por ello infrautilizada en la gran mayoría de las intervenciones quirúrgicas llevadas a cabo. La hipotermia durante la anestesia puede ser benigna y a la vez benéfica para el paciente o puede ser peligrosa, cuando es inadvertida asociándose a hallazgos clínicos variados que van desde la incomodidad del paciente, sobre todo al despertar con temblor postoperatorio que aumenta el metabolismo y el consumo de oxígeno, acidosis que pueden llevar a choque profundo y a la muerte si no se adoptan las medidas adecuadas, tanto preventivas como curativas. Entre el 30 - 50% de los pacientes que ingresan a la unidad de cuidados postanestésicos presentan una temperatura inferior a 36°C, lo cual se acepta como hipotermia. La temperatura corporal es una constante vital y es una obligación del anestesiólogo el mantenerla dentro de sus valores normales durante la anestesia. La incidencia de hipotermia es frecuente en los pacientes quirúrgicos, por tanto la medición y tratamiento han de convertirse en un estándar en la práctica de la anestesiología.

A diferencia de los reptiles “Poiquilotérmicos” (sangre fría) y los anfibios, los mamíferos y los pájaros son “homeotérmicos” (sangre caliente). Los homeotérmicos deben utilizar los procesos metabólicos para contrarrestar las fluctuaciones de temperatura del ambiente y mantener la temperatura interna del cuerpo dentro de un valor relativamente constante. La producción de calor por el metabolismo del tejido y la pérdida de calor al medio ambiente están balanceadas por diversos medios para mantener esta temperatura corporal constante. La precisión del control termorregulatorio es similar en los hombres y mujeres, pero disminuye en alguna medida en los ancianos. La temperatura central corporal normal varía ligeramente entre diferentes individuos, pero los rangos entre 36.6° C y 37.5° C (98° F y 99.6° F) son normales. El sistema termorregulatorio usualmente mantiene la temperatura central aproximadamente a 0.2° C de este valor. La actividad de las enzimas y las reacciones bioquímicas dentro del cuerpo se optimizan a estas temperaturas.

FISIOLOGIA DE LA TERMORREGULACIÓN

El Sistema Nervioso Autónomo de los mamíferos homeotermos, incluido el hombre, cumple con la trascendente función de mantener la normotermia, de forma que aún mínimas desviaciones de la temperatura corporal central se traducen en disfunción celular y tisular importantes. La temperatura central en el hombre, se mantiene normalmente dentro de límites estrechos de 36.5 a 37.5 °C, aún en presencia de condiciones ambientales adversas de temperatura, mediante una combinación de respuestas conductuales y fisiológicas.

La importancia de comprender en profundidad éstos fenómenos radica en que la anestesia produce una anulación de estos mecanismos conductuales y potencialmente puede alterar los mecanismos fisiológicos de termorregulación. La termorregulación depende de un sistema fisiológico conformado por termorreceptores centrales y periféricos, un centro de control e integración y un sistema eferente de respuesta que ejecuta las acciones compensatorias. Los aferentes térmicos provienen de receptores para frío y calor, anatómicamente diferentes, que pueden tener localización central o periférica. La temperatura corporal media se mantiene a través de la integración, por parte del mecanismo de control central, situado en el hipotálamo, de las señales térmicas provenientes de las estructuras centrales y periféricas, comparando la temperatura corporal media con la temperatura "objetivo" predeterminada. En el hombre la respuesta efectiva a los cambios del contenido de calor corporal depende de factores conductuales y autonómicos. Estos últimos involucran cambios en el tono vascular en la piel y el músculo, la termogénesis generada por temblor y no dependiente del temblor, cuando se requiere un aumento de la producción de calor corporal y la sudoración cuando se requiere un descenso. Las respuestas conductuales son importantes en el hombre, particularmente frente al frío, donde son cuantitativamente más importantes que los mecanismos compensadores autonómicos.

- Señales térmicas aferentes

Los aferentes térmicos pueden proceder de localizaciones centrales y periféricas. Los receptores periféricos de la piel y mucosas no son necesariamente termoespecíficos y pueden conducir también impulsos mecánicos. Los receptores específicos para el frío tienen un pico de frecuencia de descarga de impulsos en el rango de 25-30°C. y están inervados

por fibras nerviosas de tipo A-delta. Los receptores para calor, tienen su pico de descarga máxima en el rango de 45-50°C y están inervados por fibras de tipo C. La respuesta de los receptores de frío, se produce tanto para estímulos térmicos de instalación gradual como frente a cambios bruscos de temperatura, de largo plazo o transitorios. Respuestas rápidas y de gran amplitud a cambios bruscos y transitorios de la temperatura ambiental (ej. Incremento del consumo de oxígeno medido luego de la inmersión en agua helada) son seguidos por respuestas sostenidas y constantes aún luego de retirado el estímulo inicial, en respuesta a la exposición repetida al frío. Este hallazgo junto a la observación de la sobreinhibición del consumo de oxígeno en respuesta al calentamiento cutáneo demostrado por Benzinger en una serie de ensayos en humanos llevaron a la conclusión de que la respuesta termorregulatoria al frío es estimulada por los receptores cutáneos para el frío e inhibida por receptores centrales de calor. La transmisión de señales desde estos receptores cutáneos para el frío hacia los centros hipotalámicos son el principal mecanismo de protección del organismo frente a temperaturas ambientales bajas. Existen además receptores centrales para el frío, de localización incierta y cuyo rol queda enmascarado por la predominancia de las aferencias periféricas. Sin embargo se ha demostrado que algunas neuronas hipotalámicas aumentan su frecuencia de descarga frente al enfriamiento del compartimiento central en presencia de desaferentización periférica, lo cual es consistente con la observación de que la respuesta al enfriamiento puede alterarse en forma secundaria a lesiones hipotalámicas o a la inyección de sustancias depresoras del S.N.C. en el hipotálamo anterior.

- Centros Hipotalámicos de Integración

El centro de control termorregulatorio primario en los mamíferos es el hipotálamo, el cual se localiza en la base del cerebro. Bajo condiciones normales, el hipotálamo monitorea la temperatura sanguínea y controla la termorregulación por ambos medios, nerviosos y hormonales. Cuando los receptores de calor y frío detectan un cambio en la temperatura que sea mayor que 0.2° C hacia arriba o hacia abajo del valor meta, envían mensajes al hipotálamo. Usualmente cuando el cuerpo se enfría, se inician un número de respuestas, incluyendo la vasoconstricción, el incremento del metabolismo (termogénesis sin temblor) y temblores. Estas respuestas se inician poco tiempo después que el hipotálamo se percata que la temperatura central está comprometida. Si la temperatura exterior disminuye gradualmente, como sucedería durante un cambio de estación, se libera mayor cantidad de

la hormona tiroxina. Esta hormona incrementa también el metabolismo, de manera que se incrementa la producción de calor. Esto mejora la habilidad del cuerpo de mantener una temperatura constante en condiciones ambientales frías. La producción de calor normalmente es balanceada por la pérdida cutánea y otros mecanismos de pérdida de calor, para poder mantener la temperatura central dentro de un rango muy estrecho. Restar la producción de calor metabólico es suficiente para compensar las pérdidas de calor en curso. El cuerpo humano produce aproximadamente 60-75 kcal de calor por hora y una hora de producción de calor es equivalente aproximadamente a 1° C de cambio de temperatura. Si un paciente desarrolla hipotermia central de 37° C a 34° C, requerirá aproximadamente 174 kcal de calor (basado en el calor específico del cuerpo de .83) para recuperar la temperatura corporal, adicionalmente a las 70 kcal/hr necesarias para balancear la pérdida normal de calor. Una reducción en la temperatura central disparará la vasoconstricción y el temblor, incrementando el consumo de oxígeno y la producción de calor en una persona con sus repuestas termorregulatorias intactas. Existe una relación lineal directa entre la temperatura corporal y el consumo de oxígeno. El índice metabólico de la ley de Vant Hoff, es decir, el consumo de oxígeno aumenta exponencialmente con el incremento progresivo de la temperatura. El Hipotálamo anterior tiene como cometido la integración de la información térmica aferente, mientras que el Hipotálamo posterior controla los impulsos de la vía descendente hacia los efectores. El área preóptica del Hipotálamo contiene neuronas sensibles e insensibles a la temperatura. Esta formación puede ser subdividida en áreas con neuronas sensibles al calor y neuronas sensibles al frío. Las neuronas sensibles al calor aumentan su frecuencia de descarga frente al incremento del calor local, activando los mecanismos de pérdida de calor. Estas predominan en relación 4 a 1 con respecto a las neuronas sensibles al frío que en forma inversa, aumentan su patrón de descarga frente al descenso de temperatura del área preóptica del hipotálamo. Existen también neuronas sensibles a estímulos térmicos locales en otras localizaciones como el hipotálamo posterior, formación reticular y la médula espinal. El hipotálamo posterior integra las señales aferentes desde los receptores periféricos para el frío con la estimulación sensible al calor del área preóptica del hipotálamo y determina la respuesta efectora. Las señales desencadenadas por el frío se procesan diferente a las del calor en el sentido de que la respuesta al frío depende más de los impulsos aferentes provenientes de los receptores periféricos que de la disminución de las descargas de las neuronas sensibles al calor del área preóptica. Cuando la temperatura corporal central cae 0.5°C por debajo de lo normal, las neuronas preópticas quedan totalmente inactivas, de modo que su nivel de descarga no puede descender más

frente a descensos subsiguientes de la temperatura, por lo tanto, la sensibilidad al frío pasa a depender únicamente de los receptores cutáneos periféricos. La “temperatura objetivo” en el humano puede definirse como un estrecho rango de temperatura (36.7-37.1°C) en el cual no se detecta ninguna respuesta efectora. Este punto de corte ha sido denominado también “zona de termoneutralidad” o “intervalo interumbral” y es característico de los humanos. La mayoría de los mamíferos están mejor aislados que el hombre, y utilizan variaciones en la producción de calor para mantener el balance térmico. Los límites de este estrecho intervalo de temperatura son los umbrales a partir de los cuales se desencadena la respuesta al calor y el frío. Este rango no es mayor a 0.4°C, pero puede aumentar a valores tan elevados como 4°C durante la anestesia general. Existe una variación diurna de este rango normal, variando desde aproximadamente 36.2°C durante el sueño y en el comienzo de la mañana hasta 1°C por encima en la tarde. Las mujeres tienen una temperatura objetivo de aproximadamente 1°C superior durante la fase lútea del ciclo menstrual.

- Respuesta de los efectores

La respuesta termorregulatoria está integrada por tres componentes: en primer lugar y cuantitativamente más importante, la respuesta conductual, en segundo lugar, la respuesta vasomotora (vasoconstricción y piloerección como reacción al enfriamiento y vasodilatación y sudoración frente al calor) y finalmente el temblor y aumento del metabolismo. En el humano consciente, las modificaciones del comportamiento tienen mayor trascendencia que cualquier otro mecanismo autonómico compensatorio. El cambio de comportamiento que lleva a un aumento de la actividad motora, al acercamiento a una fuente de calor o a agregar abrigo adicional se desencadena por la “sensación de enfriamiento” originada por la activación de la corteza cerebral en respuesta a la descarga del centro termorregulador hipotalámico, frente a un descenso de la temperatura corporal. El control de las respuestas conductuales frente al frío se basa fundamentalmente en las aferencias térmicas periféricas como se comentó anteriormente. En contraste con la elevada precisión del control autonómico de la termorregulación, la capacidad de este mecanismo está limitada a menos del equivalente a cuatro tasas de metabolismo basal. Una vez superado el rango de temperatura prefijado, normalmente 36.7-37.1°C, se activan las respuestas autonómicas, teniendo cada respuesta específica un umbral característico de temperatura, ganancia (incremento de la respuesta por encima del incremento normal) e intensidad máxima de la misma.

Características generales de la generación y distribución del calor corporal

- Producción de calor

El metabolismo es normalmente la única fuente de calor endógena, aunque puede producirse calentamiento interno a través de la ingestión de líquidos calientes o la radiación de microondas. Los sustratos utilizados en el metabolismo humano son la glucosa, proteínas y grasas. Los principales desechos del metabolismo aeróbico son el dióxido de carbono y el agua. Por cada gramo de glucosa y de proteína se obtienen 4.1 cal mientras que de la combustión de un gramo de grasa se obtienen 9,3 cal. Los tejidos corporales producen calor en proporción a su tasa metabólica. El cerebro y los órganos torácicos son los de mayor actividad metabólica y generan más calor que el tejido muscular en reposo. Sin embargo, el músculo puede superar la tasa metabólica basal en un factor de 10 durante el movimiento activo. Entre los compartimientos térmicos corporales podemos diferenciar dos compartimentos, un compartimiento central y uno periférico. El compartimiento central está formado por tejidos con elevada perfusión sanguínea y que mantienen una temperatura relativamente constante. En este compartimento, la temperatura medida en diferentes sitios raramente varía más de unas pocas centésimas de grado centígrado debido a que la distribución del calor intracompartamental se realiza a una velocidad mayor que la de los cambios del contenido de calor habituales en el organismo. El compartimiento central constituye el 50 a 60% de la masa corporal total y está formado por la cabeza y el tronco. Teóricamente, la piel y el tejido celular subcutáneo de la cabeza y el tronco no correspondería incluirlos en éste compartimento, debido a que se comportan como periféricos, sin embargo, esta simplificación no ocasiona errores significativos en los modelos termodinámicos utilizados corrientemente. El compartimiento periférico se compone anatómicamente por los miembros superiores e inferiores. Los tejidos que lo forman se caracterizan, en contraposición al compartimento central, por la ausencia de homogeneidad y la variabilidad en el tiempo de la temperatura, la que se encuentra generalmente entre 2 y 4 °C por debajo de la temperatura central en condiciones ambientales de temperaturas moderadas. Sin embargo, este gradiente fisiológico de temperatura puede hacerse mayor en condiciones térmicas o fisiológicas extremas. Los cambios en el tono vasomotor, ya sea desencadenados por acción de los centros termorreguladores o como respuesta a estímulos locales, pueden también modificar este gradiente. Puede encontrarse un gradiente centro-periferia menor por efecto de la vasodilatación en un entorno con elevada temperatura ambiente. La disminución del tono vasoconstrictor en estas circunstancias favorece el flujo

de calor desde el compartimiento central (donde se genera la mayor parte del calor que deriva del metabolismo corporal) al periférico, a favor del gradiente, disminuyendo éste último como consecuencia. Por el contrario, la vasoconstricción periférica limita el flujo de calor hacia el compartimiento periférico, lo que aumenta el gradiente debido a la acumulación del calor generado por el metabolismo tisular en el compartimiento central. Dentro del compartimiento periférico existe además un gradiente de temperatura longitudinal, donde los extremos proximales de ambos miembros tienen una temperatura más elevada que los distales, así como un gradiente radial de temperatura desde el centro (paquete vasculo-nervioso) hacia los tejidos más periféricos. Este fenómeno se acentúa cuando las condiciones ambientales de temperatura son más extremas. La característica definitoria de éste compartimiento es, precisamente, ésta variabilidad de la temperatura en el tiempo y su inconstancia frente a los cambios de la temperatura ambiente, que contrasta con la uniformidad en la distribución y escasa variabilidad temporal de la temperatura del compartimiento central, en idénticas circunstancias.

- Flujo de calor intercompartamental

El flujo de calor de conducción está determinado mayormente por el coeficiente de difusión, que está a su vez, en función de las características histológicas del tejido, por lo que tejidos como el adiposo conducen tres veces menos calor que el tejido muscular, lo que le confiere un mayor poder de aislación térmica. Esta propiedad del flujo conductivo lo hace menos dependiente de factores termorreguladores como el tono vasomotor.

El contenido de calor de los tejidos periféricos depende además del calor local generado en el metabolismo, del propio tejido y disminuye por la pérdida de calor a través de la piel hacia el ambiente. Eventualmente todo el calor generado en el metabolismo corporal debe ser disipado al ambiente para mantener el estado de normotermia. Aproximadamente el 95% de este calor se elimina por la superficie cutánea, con una proporción remanente pequeña que se elimina por la vía respiratoria. Únicamente el 10% de las pérdidas cutáneas de calor en el adulto se producen por evaporación en ausencia de sudoración, aunque puede constituir un porcentaje mayor en niños, especialmente en los pretérminos. El sector superior del tórax y la cara son las regiones más sensibles a la temperatura. Contrariamente a la idea más extendida de que la mitad del calor corporal se pierde a través de la cabeza, se demostró que las pérdidas cutáneas de calor en cada región corporal se producen en forma proporcional a la superficie de piel que las recubre, en relación a la superficie corporal total,

si se mantienen niveles comparables de aislación térmica y no se afecta por cambios del tono vasomotor mediados por mecanismos termoregulatorios. La sudoración es sumamente efectiva para aumentar la pérdida de calor por evaporación, de modo que puede disiparse hasta 10 veces la tasa metabólica basal por este mecanismo, si las condiciones de humedad del ambiente lo permiten (ambiente seco y con mecanismo) esta determinada mayormente por factores termorreguladores activos, más que por la exposición al ambiente.

RESPUESTAS DE COMPORTAMIENTO AL FRIO

Basado en la información de los termorreceptores, el hipotálamo también estimula la corteza cerebral, incrementando la conciencia del frío y disparando respuestas voluntarias de comportamiento. Las repuestas de comportamiento al frío incluyen la búsqueda de un ambiente mas caliente, el uso de ropa adicional, incremento de actividad y mayor consumo de comida, particularmente de comida caliente. 60% de la energía derivada de la comida se usa para mantener la temperatura corporal. El cambio de comportamiento es la respuesta termorregulatoria más efectiva. Los ajustes del comportamiento son principalmente los que permiten a los humanos vivir y trabajar en ambientes extremos.

HIPOTERMIA

La hipotermia es un estado clínico con temperatura corporal inferior a lo normal, en la que el organismo es incapaz de generar suficiente calor para las funciones corporales. Una temperatura central de 35°C (95°F) es el límite superior de la hipotermia. Las señales de frío viajan hacia el hipotálamo, sobre todo a través de las fibras delta que atraviesan los haces espinotalámicos en la parte anterior de la médula espinal. Por abajo de esta temperatura, el escalofrío y las respuestas autónomas y endocrinas son incapaces de compensar por completo, sin calentamiento auxiliar. En el ambiente perioperatorio, la hipotermia puede ser:

- ✓ La hipotermia Intencional (planeada): puede ser inducida para ayudar a prevenir complicaciones transquirúrgicas durante ciertos tipos de cirugías, particularmente neurocirugía, cirugía cardíaca. Bajo condiciones controladas, la temperatura del paciente se disminuye cuidadosamente a menos de 30° C y se mantiene en ese nivel

durante el procedimiento. Después de terminar el procedimiento, el paciente se recaliente consistentemente hasta que alcanza la normotermia.

- ✓ La hipotermia No Intencional (no planeada): ocurre en pacientes quirúrgicos durante la ausencia de reflejos normales que protegen, los cuales se inhiben por la administración de agentes anestésicos. Ha sido estimado que de un 60% a 90% de todos los pacientes quirúrgicos experimentan hipotermia no intencional.

Ambos estados hipotérmicos incrementan la incomodidad del paciente y las complicaciones posquirúrgicas. Los pacientes están en riesgo, no importando la duración del procedimiento quirúrgico. Las alteraciones fisiológicas asociadas con la hipotermia dependen del grado de hipotermia presente (ver anexo#1).

MECANISMOS DE PERDIDA DE CALOR PERIOPERATORIO

Cuatro procesos físicos controlan el intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente exterior. Estos procesos son idénticos a aquellos gobernando la transferencia de calor en objetos inanimados e incluyen la radiación (del 30% al 50% del total de la pérdida de calor), conducción (del 20% al 35%), convección (del 15% al 30%) y la evaporación (del 15% al 30%).

✓ **RADIACIÓN**

Radiación es la transferencia de calor a través de rayos infrarrojos de calor. Un individuo desnudo perderá hasta 60% de su calor corporal por las ondas de calor infrarrojo radiando desde su cuerpo hacia el ambiente relativamente frío del quirófano. La pérdida irradiada de calor es directamente proporcional a la diferencia entre la temperatura del paciente y la temperatura del medio ambiente⁵. La pérdida de calor puede ser tan alta como 50 kcal/hr en un paciente adulto completamente expuesto, ó tan baja como 10 kcal/hr en un paciente completamente cubierto.

✓ **EVAPORACIÓN**

La evaporación representa la pérdida de calor que ocurre cuando el líquido se transforma en vapor. La pérdida de calor por evaporación puede ser entre 12 y 16 kcal/hr, pero puede ser tal alta como entre 160 a 400 kcal/hr de vísceras expuestas (ej. Durante cirugía de hígado o intestinos). Por cada gramo de agua evaporada se pierden 0.58 kcal de calor. La pérdida de calor ocurre en pacientes quirúrgicos a través de la evaporación de fluidos de la

superficie de la piel húmeda con la transpiración o soluciones de preparación, heridas abiertas y de los pulmones (respiración). La ventilación mecánica con gases secos a temperatura ambiente causa pérdida de calor por evaporación. El calor necesario para causar evaporación se toma del cuerpo, resultando en un descenso de la temperatura corporal. La pérdida de calor por evaporación se incrementa por los cambios frecuentes en el aire ambiental.

✓ CONDUCCIÓN

La conducción es definida como la transferencia de calor a través del contacto con otro objeto. La pérdida de calor por conducción ocurre cuando un paciente está en contacto con superficies frías (ej. La mesa quirúrgica, instrumental, campos húmedos); fluidos intravenosos fríos, fluidos de irrigación o soluciones de preparación para la piel, o cualquier otro objeto inanimado. Mientras más frío sea el objeto o fluido, mayor pérdida de calor tendrá el paciente.

✓ CONVECCIÓN

La convección es la pérdida de calor mediante las corrientes de aire. La pérdida de calor por convección depende de las corrientes de aire. El aire caliente siempre tiende a subir. Cuando el aire frío llega a los pies del paciente se calienta por radiación, y sube por todo el cuerpo, tomando calor mientras viaja hasta que el calor es llevado continuamente fuera del paciente. La pérdida de calor por convección es una función de la temperatura ambiente y de la raíz cuadrada de la velocidad del aire pasando sobre las superficies corporales expuestas⁵. Por ello, se pierde más calor por convección en un día ventoso que un día calmado. En el quirófano, la frecuencia de cambios en el aire ambiente incrementa la pérdida de calor por convección²⁹. El aire calentado por la piel o víscera que es removido representa una pérdida de calor de aproximadamente 10 kcal/hr .

FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA HIPOTERMIA PERIOPERATORIA

✓ AYUNO

Ayunar por 8 horas o más deprime el sistema metabólico de calor energético proporcionado para la digestión de comida.

✓ EXPOSICIÓN DE PIEL

La preparación preoperatorio del paciente requiere largas esperas en áreas preoperatorios con aire acondicionado mientras que el paciente usa solamente una bata ligera de algodón así como la preparación antiséptica de la piel y la preparación de campos estériles en las superficies expuestas del cuerpo. Estas medidas exponen la piel desnuda del paciente a quirófanos con temperaturas frías incrementando las pérdidas de calor a través de la evaporación y la radiación.

✓ EXPOSICIÓN VISCERAL

La exposición prolongada de las cavidades del cuerpo y vísceras en un quirófano a baja temperatura se agrega al efecto hipotérmico.

✓ INFUSIÓN DE FLUIDOS FRÍOS

Los productos sanguíneos se almacenan a temperaturas justo arriba de congelación (4° C). Los fluidos de irrigación, lavados e intravenosos se almacenan a temperatura ambiente (20° C.) y no se calientan en forma rutinaria en el quirófano. Los fluidos intravenosos en particular pueden ser infundidos varias horas antes de la cirugía para administrar medicamentos y mejorar la hidratación. Su introducción a una cavidad corporal normotérmica disminuye ambas temperaturas, central y periférica del paciente, cuando se infunden fluidos fríos en un paciente normotérmico el cuerpo del paciente utilizara energía para calentar los mismos. A medida que el procedimiento se alarga de igual manera se incrementa la cantidad de energía requerida para calentar el aumento en el volumen de fluidos intravenosos. La cantidad de calor perdido se relaciona con el índice y volumen del fluido infundido cada litro de fluido intravenoso infundido a un paciente adulto a temperatura ambiente, o cada unidad de sangre infundida a 4°C. disminuye la temperatura promedio corporal, aproximadamente 1/3 de grado centígrado en un paciente anestesiado. De manera que la administración de fluidos sin calentar puede disminuir considerablemente la temperatura corporal. Con un litro de cristaloideos infundidos a 30°C. se experimenta una pérdida de 17 kcal y con una unidad de sangre a 4°C. se experimenta una pérdida de 8kcal.

✓ TEMPERATURA AMBIENTE FRÍA

Una caída significativa de temperatura se debe a la pérdida de calor por radiación del cuerpo hacia un ambiente mas frío en el quirófano. Para minimizar el crecimiento bacteriano en el ambiente perioperatorio, la temperatura ambiente del quirófano se mantiene aproximadamente en 20°C. Estas temperaturas más frías también benefician al equipo

quirúrgico, los que están vestidos confortablemente, con batas, cubrebocas, cubrecabeza, etc. Desafortunadamente el paciente no está vestido de manera tan confortable.

✓ SEDACIÓN

Las premedicaciones que se dan al paciente para relajarlo comienzan a deprimir los mecanismos de regulación de la temperatura del cuerpo.

✓ ANESTESIA

Hay evidencia suficiente que el riesgo de hipotermia es equivalente durante la anestesia general y epidural, especialmente cuando el nivel de bloqueo es relativamente alto.

▪ Anestesia General

Durante la anestesia general, la pérdida de calor es frecuente en todos los pacientes porque los anestésicos alteran la termorregulación, impiden el escalofrío y producen vasodilatación periférica. Los anestésicos volátiles alteran el centro termorregulador en el hipotálamo y también tienen propiedades vasodilatadoras directas que causan un incremento en la pérdida de calor a través de la conducción y la radiación, los pacientes pierden calor por los gases inspirados fríos y secos por ambos métodos de pérdida de calor, conducción y evaporación. Con flujos de gases frescos y secos de 5 l/min, ocurre una pérdida de calor a una tasa entre 7 y 8 kcal/hr. Los Opiáceos disminuyen los mecanismos vasoconstrictores de conservación de calor por sus propiedades simpatolíticas. Los Barbitúricos causan vasodilatación periférica. Los relajantes musculares disminuyen el tono muscular e impiden la termogénesis por escalofrío.

La anestesia general aumenta el intervalo entre los umbrales superior e inferior, de modo que la respuesta termorreguladora compensatoria al frío se desencadena a los 34-35°C y la respuesta al calor a los 38°C, lo que modifica el intervalo interumbral normal, aumentándolo de 0.2°C a 4°C en el paciente anestesiado.

La mayoría de los pacientes sometidos a anestesia general, desarrollan hipotermia de modo que la temperatura desciende de 1 a 3°C, dependiendo del tipo de anestesia y su duración, de la magnitud de la exposición quirúrgica y de la temperatura ambiente. La hipotermia intraoperatoria se desarrolla siguiendo un patrón característico. Durante la primera hora de la intervención la temperatura central disminuye de 1 a 1.5°C. Después de esta fase inicial experimenta una reducción lenta y lineal que dura aproximadamente 2 a 3 horas y por último,

el paciente entra en una fase de meseta o plateau durante la cual la temperatura permanece constante. Cada una de estas fases puede explicarse por la interacción de diversos factores:

1. Fase de redistribución del calor corporal

La temperatura central es poco representativa de la temperatura corporal media, debido a que los tejidos periféricos se encuentran a una temperatura entre 2 y 4°C más baja que la del tronco y la cabeza. Este gradiente de temperatura normal se mantiene a través de la vasoconstricción de los shunts arteriovenosos en los dedos de las extremidades, mediada por mecanismos termorregulatorios.

Mecanismos involucrados

La redistribución interna del calor corporal esta determinada por la vasodilatación inducida por la anestesia general. Esta vasodilatación se produce por la reducción del umbral para la vasoconstricción por inhibición de la termorregulación a nivel central. Además, casi todos los agentes anestésicos inducen una vasodilatación periférica directa, que permite el flujo de calor desde el compartimiento central hacia los tejidos de la periferia. La vasodilatación promueve el flujo de calor desde el compartimiento central siguiendo el gradiente de temperatura hacia el periférico, lo que lleva a la disminución de la temperatura central y el incremento de la temperatura de los tejidos periféricos, sin que ello implique un intercambio neto de calor con el ambiente, por lo que el contenido total de calor corporal permanece constante.

Factores que afectan la magnitud de la redistribución de calor:

La magnitud de la redistribución producida por la inducción anestésica en cada paciente depende de varios factores, uno de los más importantes es el contenido inicial de calor corporal del paciente. Aunque la temperatura central permanece constante aún frente a aumentos marcados de la temperatura del ambiente el contenido total de calor corporal aumentará a expensas de la absorción de calor por los tejidos periféricos, de modo que luego de un tiempo en un ambiente suficientemente cálido, la temperatura del compartimiento periférico se aproximará a la del central. Debido a que el flujo de calor se produce a expensas de un gradiente de temperatura desde el compartimiento central al periférico, la magnitud de la redistribución de calor estará limitada por la reducción de éste gradiente que determina el calentamiento de los tejidos periféricos. Otro factor de importancia es la composición corporal y en particular la proporción de grasa corporal. Los pacientes obesos

presentan un gradiente de temperatura más reducido en la etapa previa a la inducción que los pacientes con normopeso, debido probablemente a que la grasa actúa como un buen aislante térmico y deben mantener niveles basales de vasodilatación mayores en la periferia ante la necesidad de disipar calor hacia el ambiente (contrariamente a lo que sucede en la mayoría de los pacientes en ambientes hospitalarios, que se encuentran vasocontraídos), por lo que la temperatura de los tejidos periféricos será mayor de lo normal. Esto último determina que la magnitud de la redistribución del calor inducida por la anestesia general sea menor en los obesos y mayor en los pacientes muy adelgazados. Además de la magnitud de la redistribución, la hipotermia central depende también de la contribución de las pérdidas sistémicas de calor, que a su vez depende de numerosos factores como las temperaturas bajas en la sala de operaciones o el tamaño de la incisión quirúrgica de modo que la presencia de éstos factores contribuirá a aumentar la magnitud de la hipotermia pero disminuirá proporcionalmente la contribución de la redistribución a ésta.

2. Fase lineal de la curva de temperatura corporal intraoperatoria

La segunda fase de la curva de hipotermia sigue un trayecto descendente, casi lineal, de lento descenso de la temperatura central, que deriva de un desbalance entre la producción metabólica de calor y la pérdida de calor hacia el ambiente, que la excede. La reducción del metabolismo basal durante la anestesia general alcanza al 15-40%. La causa cierta de éste fenómeno no está bien aclarada, pero se postula que el descenso del metabolismo cerebral, así como la ventilación mecánica con parálisis de los músculos respiratorios son factores contribuyentes. Esta condición puede revertirse casi por completo mediante la administración de aminoácidos o cafeína. La pérdida de calor a través de la piel se produce por cuatro mecanismos básicos: radiación, conducción, convección y evaporación. A pesar de que, únicamente las pérdidas de calor por convección dependen linealmente de la diferencia de temperatura entre la piel y el ambiente, puede simplificarse el análisis, asumiendo que el total de las pérdidas cutáneas de calor por los cuatro mecanismos tienen relación lineal con la diferencia de temperatura piel-ambiente, dentro del rango típico de temperatura de las salas de operaciones. Es en ésta fase lineal donde los factores que modifican las pérdidas de calor son más significativos, incluyendo las mayores pérdidas relativas de calor en los niños, la hipotermia de mayor magnitud en grandes cirugías con respecto a los procedimientos de menor complejidad, así como la menor hipotermia en procedimientos realizados en ambientes calefaccionados.

Este período es también en el que tienen mayor efectividad las medidas de aislamiento térmico y calefacción activo.

3. Fase de plateau de la Temperatura central

La fase final de la curva de hipotermia intraoperatoria consiste en una meseta, donde la temperatura central permanece constante, aún durante cirugías prolongadas. Esta fase de plateau puede estar mantenida en forma activa o pasivamente.

- Plateau mantenida en forma pasiva

El descenso en la producción metabólica de calor, el aumento de las pérdidas de calor en un ambiente excesivamente frío en la sala de operaciones, la administración de fluidos intravenosos fríos y las pérdidas por evaporación y radiación a través de la incisión quirúrgica, la ausencia de respuesta conductual compensatoria en el paciente inconsciente, así como una respuesta autonómica inhibida contribuyen a desplazar el equilibrio térmico en el paciente anestesiado. La meseta de la curva de temperatura mantenida pasivamente es consecuencia del equilibrio entre las pérdidas y la producción metabólica de calor que se mantienen iguales sin la activación de los mecanismos termorregulatorios. La combinación de una disminución en el metabolismo basal inducido por la anestesia y los factores favorecedores de pérdida de calor antes mencionados hacen que raramente se desarrolle un plateau en forma pasiva en el paciente quirúrgico normotérmico. Sin embargo, por cada grado de reducción en la temperatura central, a temperatura ambiente constante, la pérdida de calor se reduce un 10%. La producción metabólica de calor también desciende pasivamente, pero a un ritmo más lento (aproximadamente 6°C) por lo que si el paciente alcanza el grado suficiente de hipotermia, eventualmente alcanzará una meseta de temperatura central mantenida en forma pasiva cuando finalmente las pérdidas de calor desciendan al punto de igualarse con la producción de calor por el metabolismo tisular. Este fenómeno es más frecuente en cirugías relativamente cortas en pacientes que son adecuadamente cubiertos con materiales con buena capacidad de aislamiento térmico. La capacidad de aislamiento térmico del dispositivo utilizado es un punto clave, debido a que la temperatura ambiente y la pérdida cutánea de calor son los principales factores determinantes. Una situación especial de mantenimiento pasivo de la meseta de temperatura central, se produce cuando se realiza calentamiento cutáneo activo, lo que reduce notablemente la pérdida de calor. En esta situación, la pérdida de calor puede igualar la producción aún en cirugías muy prolongadas y en ambientes fríos.

- Plateau mantenido activamente

La diferencia fundamental entre la fase de plateau mantenida activamente y la pasiva es la activación del mecanismo de vasoconstricción termorreguladora que disminuye la pérdida de calor y sobre todo, altera la distribución de calor corporal. Durante la anestesia general, mantenida con las dosis habituales de los anestésicos más utilizados, debe ocurrir un descenso de la temperatura central entre 34 y 35°C para activar la vasoconstricción termorreguladora. Este mecanismo solo reduce discretamente las pérdidas cutáneas de calor, debido a que la vasoconstricción se restringe a los shunts arteriovenosos de los dedos de las extremidades. Sin embargo la vasoconstricción desencadenada al llegar la temperatura del compartimiento central al nuevo umbral de respuesta del centro regulador hipotalámico, tiene importantes efectos en la redistribución del contenido de calor corporal total. La inducción de la anestesia general, determina una inhibición del tono vasoconstrictor normal que genera un flujo de calor hacia el compartimiento periférico a favor del gradiente térmico (3 a 4°C). Una vez en la periferia, el calor no puede retornar al compartimiento central en contra de este gradiente, porque se violaría la segunda ley de la Termodinámica. Por lo tanto, el retorno de la vasoconstricción no permite recuperar el calor perdido por distribución en la periferia, pero permite, desde su activación y en el período subsiguiente, restringir el flujo de calor desde el compartimiento central al periférico. Como consecuencia, el compartimiento periférico continúa enfriándose, debido a que la pérdida cutánea de calor, no ha disminuido sustancialmente y a que ahora, recibe menos flujo del compartimiento central. La consecuencia más importante de este fenómeno es que el compartimiento central se mantiene relativamente más caliente que lo que debería esperarse basándose en el balance sistémico de calor lo que determina en forma característica una fase de meseta en la curva de descenso de temperatura corporal. Dependiendo de la temperatura ambiente y de la magnitud de la cirugía, puede manifestarse como un enlentecimiento en el ritmo de descenso de la temperatura central o incluso como un incremento de ésta. Esta fase de meseta activa de la temperatura no es un estado de equilibrio térmico, porque la transferencia de calor al ambiente continúa y tanto la temperatura corporal media como el contenido de calor corporal total disminuyen, más bien se trata de un estado estable, generado por la contención del calor producido por el metabolismo en el compartimiento central, que por una reducción de la pérdida de calor corporal. Mientras en las fases previas la temperatura central desciende a un ritmo de aproximadamente 0,6°C/h, luego de desencadenarse la vasoconstricción, este descenso se produce a razón de 0,2°C/h mientras que la temperatura central se mantiene virtualmente constante en las 3 horas subsiguiente.

- Anestesia Regional

La anestesia neuroaxial produce hipotermia en grado similar o incluso mayor que la anestesia general y este problema no siempre es percibido como trascendente por los Anestesiólogos.

1. Fase de redistribución y Fase lineal

En los pacientes en los que se realiza anestesia regional por bloqueo a nivel del neuroeje (peridural o subaracnoidea) la redistribución es también la causa inicial más importante de hipotermia. Aunque comparte mecanismos similares con la anestesia general, algunos presentan diferencias importantes. Esta técnica anestésica inhibe también el control central de la termorregulación, que se manifiesta por una tolerancia anormal a la hipotermia. pero el efecto más importante es el bloqueo simpático y motor periférico que impide la vasoconstricción y el temblor compensatorios. La redistribución contribuye al 89% de este descenso inicial de la temperatura produciéndose una transferencia neta de calor al compartimiento periférico de 20 kcal. Durante las 2 horas subsiguientes la temperatura desciende promediamente 0,4°C con una contribución del 62% del factor redistribución al descenso. La redistribución contribuye globalmente en un 80% de la caída de la temperatura observada en las 3 primeras horas de anestesia regional. Los miembros inferiores es el único sector del compartimiento periférico que participa en este mecanismo, lo que explica que la caída de temperatura en esta fase sea la mitad de la observada durante la anestesia general. La magnitud de la redistribución de calor va a depender, en definitiva, al igual que durante la anestesia general del contenido de calor corporal previo a la inducción, por lo que el calentamiento cutáneo previo, puede disminuirla. Como en la anestesia general, a la fase de redistribución le sigue una fase lineal de descenso de la temperatura central, determinada por un desbalance entre la producción metabólica de calor y las pérdidas.

2. Ausencia de fase de Plateau

A diferencia de lo que ocurre durante la anestesia general, la anestesia por bloqueo del neuroeje impide la vasoconstricción termorreguladora en el sector corporal anestesiado que mantiene el bloqueo simpático, independientemente del grado de afectación del control central de la termorregulación, por lo que la principal causa de hipotermia en la anestesia

regional es el bloqueo nervioso a nivel periférico. A medida que la hipotermia se acentúa, se alcanza el umbral para la vasoconstricción y el temblor, que únicamente puede manifestarse en las regiones no bloqueadas (miembros superiores fundamentalmente) siempre y cuando la termorregulación no esté excesivamente afectada por otros factores (edad avanzada, administración de sedantes, etc.). Aún en ausencia de inhibición de la termorregulación, el temblor en el sector superior del cuerpo es relativamente ineficiente para amortiguar la pérdida de calor corporal. Además, en la mayoría de los casos, el temblor es tratado farmacológicamente como una complicación en si misma, lo que impide su función termogénica. La hipotermia, en este caso, no está limitada por el desarrollo de una meseta de la curva de temperatura intraoperatoria, mantenida en forma activa, como ocurre en la anestesia general. Los factores que limitan la respuesta compensadora tienen escasas consecuencias durante procedimientos menores en pacientes con adecuado aislamiento térmico, debido a que se alcanza un plateau pasivo de la temperatura, mientras que en grandes cirugías realizadas bajo anestesia regional, existe el riesgo potencial de desarrollar hipotermia significativa. La hipotermia durante la anestesia regional es un hecho mucho más frecuente de lo que es percibido por la mayoría de los Anestesiólogos, como lo demuestran varios estudios realizados con series de pacientes sometidos a grandes cirugías con anestesia regional, donde la hipotermia es casi tan frecuente y severa como durante la anestesia general. Un aspecto importante es que las técnicas regionales inhiben también la respuesta conductual termorreguladora, de modo que el paciente no siempre es capaz de percibir la sensación de enfriamiento acorde a la magnitud de la hipotermia, por lo cual no se lo refiere al Anestesiólogo. Considerando igual extensión de la cirugía y similar cantidad administrada de fluidos intravenosos no calefaccionados, la redistribución del calor corporal es la principal causa de hipotermia durante la fase inicial postinducción tanto en la anestesia neuroaxial como durante la anestesia general, siendo el descenso de la temperatura central dos veces mayor en la segunda con respecto a la primera debido a los factores antes mencionados. Por lo tanto, durante procedimientos relativamente cortos (de menos de 1 hora de duración) la hipotermia será mayor en pacientes sometidos a anestesia general. En procedimientos más prolongados (menores a 2 horas) y debido a que la fase lineal de la curva de descenso de la temperatura central comienza en valores absolutos más altos para la anestesia regional, lo que se explica por la menor pérdida de calor corporal en la fase anterior, a lo que se suma la conservación relativamente constante de la tasa metabólica, determinan una menor pendiente de la curva en esta fase para la anestesia peridural y raquídea. En grandes cirugías de duración prolongada, se observa el fenómeno opuesto. Los

pacientes sometidos a anestesia general desarrollan una fase de plateau activo que limita la profundización de la hipotermia, mientras que en aquellos en que se realiza anestesia regional, la hipotermia continúa acentuándose. La magnitud de la hipotermia, para ambas técnicas anestésicas, estará en función de la extensión y duración de la cirugía.

- Efectos de la Anestesia General y Peridural combinadas

El empleo de una técnica anestésica combinada (peridural y general) induce rápidamente el descenso de la temperatura central por redistribución del calor hacia las cuatro extremidades. Durante la fase siguiente de descenso lineal de la temperatura, continuará produciéndose enfriamiento del compartimiento central, pero a un ritmo comparativamente mayor que si se empleara únicamente la técnica general. Al efecto inhibitor de la respuesta termorreguladora central que produce la anestesia neuroaxial se suma el efecto aditivo de la reducción del umbral para la vasoconstricción determinado por la anestesia general. Esto determina que la vasoconstricción que restringe el calor generado por el metabolismo tisular al compartimiento central aparece tardíamente con lo que la temperatura central a la que se inicia la fase lineal de la curva de hipotermia es menor y por lo tanto, se parte de un contenido de calor corporal total también menor. La inhibición del temblor por la relajación muscular durante la anestesia general, impide la generación de calor por este mecanismo, como ocurre durante la anestesia neuroaxial. Pero el mecanismo más importante que determina un alto riesgo de hipotermia perioperatoria inadvertida en los pacientes sometidos a anestesia general a la cual se asocia un bloqueo regional, es la inhibición del Sistema Nervioso Simpático a nivel de los miembros inferiores, como consecuencia del bloqueo neuroaxial, que impide la vasoconstricción en este territorio. Como consecuencia, la vasoconstricción desencadenada a nivel central es inefectiva, no se alcanza la fase de meseta activa y la temperatura central continúa descendiendo.

- ✓ BLOQUEO NEUROMUSCULAR

En la práctica anestésica con frecuencia se administran agentes de bloqueo neuromuscular, para facilitar la intubación y relajación de músculos durante el procedimiento quirúrgico, particularmente para procedimientos en la región abdominal. Los agentes de bloqueo neuromuscular liberan el temblor y eliminan la actividad motora. También producen apnea obligando que las respiraciones del paciente sean controladas por el anestesiólogo mediante un ventilador. Los agentes de bloqueo neuromuscular previenen el desarrollo de respuestas homeostáticas a la hipotermia mientras los pacientes están en quirófano. Esto

explica porque el temblor ocurre en el periodo inmediato postoperatorio en recuperación, cuando los efectos de estos medicamentos se están liberando. La duración del bloqueo neuromuscular aumenta considerablemente con la hipotermia, sea enfriamiento local del brazo a nivel del sitio de estimulación o hipotermia generalizada, afectando la temperatura central del cuerpo. Los mecanismos que subyacen a esta prolongación pueden ser farmacodinámicos, farmacocinéticos o de ambos tipos, e incluyen una reducción de la excreción renal o hepática, cambios en el volumen de distribución de fármaco alteraciones de la afinidad de los receptores locales, cambios en el pH en la unión neuromuscular y efecto neto del enfriamiento de los distintos componentes de la transmisión neuromuscular. Durante la derivación hipotérmica, el Vecuronio ya no es un relajante de acción corta. Se comporta dinámicamente como el Pancuronio, mientras que la duración de la acción del Pancuronio se prolonga más durante la hipotermia. El tiempo de recuperación se prolonga: Atracurio 85 minutos (50-60 minutos en condiciones normotérmicas); Vecuronio casi 110 minutos (45-55 minutos durante normotermia); Pancuronio más de 4 horas. Los mecanismos del efecto hipotérmico incluyen:

1. Inhibición de la descomposición de Atracurio y Vecuronio con temperaturas bajas.
2. Disminución de la velocidad de conducción en nervios y en la unión neuromuscular.
3. Menor liberación de acetilcolina en las terminaciones nerviosas.

✓ ANESTÉSICOS INHALATORIOS

La solubilidad tisular de los anestésicos halogenados se incrementa con la hipotermia, por lo que durante la fase de equilibrio, a una determinada presión parcial en sangre, el contenido de anestésico será mayor. Esto no tiene mayores consecuencias clínicas, dado que la potencia de los anestésicos inhalatorios está determinada por la presión parcial más que por su concentración. Sin embargo, el tiempo de recuperación de la anestesia podría prolongarse, debido a que deberían eliminarse mayores cantidades de anestésicos por la vía inhalatoria. Esta consecuencia teórica de la hipotermia perioperatoria no ha podido demostrarse, sin embargo, en estudios controlados. La hipotermia altera también la farmacodinamia de estos anestésicos, de modo que se encontró una reducción de la CAM del 5% por cada grado Celsius de descenso de la temperatura del compartimiento central, por lo que la CAM llega a 0 (ausencia de respuesta al estímulo quirúrgico cuando la concentración alveolar del anestésico inhalatorio es 0) cuando la temperatura corporal se aproxima a 20°C. La variación en la CAM de los anestésicos halogenados con ritmo

circadiano probablemente puede atribuirse a las fluctuaciones diurnas de la temperatura corporal.

✓ ANESTÉSICOS INTRAVENOSOS

La concentración plasmática de Propofol aumenta un 30% cuando la temperatura corporal desciende a 34°C durante una infusión continua a dosis constante. Este fenómeno podría explicarse por una reducción del clearance intercompartimental entre el compartimiento central y el periférico, ya que el flujo sanguíneo hepático no se altera. También puede verse una alteración en la farmacocinética de los opiáceos de uso anestésico. El Fentanil aumenta un 5% en su concentración plasmática durante la fase de equilibrio por cada grado Celsius de descenso de la temperatura central.

RECUPERACIÓN DE LA NORMOTERMIA

Tanto la anestesia regional como general determinan una inhibición de los mecanismos compensatorios de la termorregulación, por lo que la mayoría de los pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos permanecerán hipodérmicos a menos que sean calentados activamente. La pérdida neta de calor corporal durante la cirugía no es despreciable, teniendo en cuenta una reducción en la temperatura corporal media de 3°C en un paciente de 70 kg de peso, alcanza aproximadamente a 175 Kcal, que corresponde a la producción basal de calor en un período de 3 horas. El efecto residual de los anestésicos inhalatorios durante el postoperatorio inmediato y la administración de opiáceos para analgesia, limitan la respuesta termorreguladora en esta fase. Sin embargo la concentración cerebral de los anestésicos generales disminuye rápidamente lo que favorece la reaparición de la respuesta termorreguladora, incluyendo la vasoconstricción y el temblor. Se suma además, un aumento de la producción metabólica de calor a la disminución de las pérdidas cutáneas de calor y la respuesta vasoconstrictora, lo que restringe el calor generado al compartimiento central. La vasoconstricción de los shunts arteriovenosos de las extremidades está presente en todos los pacientes durante la fase de recuperación postanestésica. También el temblor es un hecho frecuente en esta etapa. Como resultado, la temperatura central generalmente aumenta, hasta alcanzar valores normales luego de discontinuar la administración de anestésicos. Aunque, este incremento de la temperatura corporal se hace lentamente, en pacientes hipotermicos, requiriendo entre 2 y 5 horas. Si se compara la velocidad de recalentamiento corporal utilizando un modelo experimental de hipotermia por inmersión (en

pacientes a los cuales no se les administró ningún fármaco anestésico) con la encontrada en la fase de recuperación postanestésica, se observa un rápido incremento de la temperatura central en pacientes no anestesiados en contraste con aquellos que se recuperan de una anestesia general, lo que sugiere que la hipotermia más prolongada, no se debe únicamente a un mayor débito de calor corporal en el paciente quirúrgico, si no más bien, a una activación incompleta de los mecanismos termorregulatorios en estos últimos, debido a la circulación de anestésicos inhalatorios residuales y a los opiáceos utilizados para controlar el dolor.

FACTORES DE RIESGO DEL PACIENTE

Ciertos grupos de pacientes tienen mayor riesgo de hipotermia perioperatoria que otros, debido a su condición médica, estado debilitado, o el subdesarrollo de sistemas termoregulatorios.

✓ EDAD

El envejecimiento, en particular en varones, provoca una pérdida progresiva y generalizada de la masa muscular esquelética y atrofia selectiva de la mayor parte de las áreas metabólicamente activas en cerebro, hígado y riñón. Durante los años de la edad madura son característicos los incrementos recíprocos de la fracción de lípidos de la masa corporal total pero su magnitud es en extremo variable. En general, los cambios de la composición corporal reducen un 10 a 15% las necesidades metabólicas basales de los pacientes en proceso de envejecimiento comparados con los adultos jóvenes equivalentes. La disminución correspondientes de la producción corporal de calor y el deterioro simultáneo de la vasoconstricción termorreguladora de mediación autónoma confieren a los pacientes quirúrgicos de edad avanzada un riesgo especial de hipotermia intraoperatoria inadvertida. En estos individuos disminuye en el intraoperatorio la temperatura corporal central casi 1°C por hora en promedio, un índice que es casi el doble del que se observa en adultos jóvenes en condiciones comparables. También poseen un retraso en la respuesta fisiológica durante el desarrollo de hipotermia, lo que significa que su temperatura central es menor que la usual antes de que ocurra el temblor, vasoconstricción y otros mecanismos de pérdida de calor. Más aun, muchos adultos mayores toman medicamentos antihipertensivos los cuales a través de su mecanismo de acción pueden llevar a incrementar la pérdida de calor corporal a través de la vasodilatación. Los neonatos, infantes y niños son también de alto riesgo debido

a que sus sistemas termorreguladores no están completamente desarrollados. Además tienen un área superficial relativamente grande comparada con la masa corporal, almacenan poca grasa subcutánea, y tienen un control vasomotor pobre. Estas condiciones combinadas con el hecho de que rara vez estos pacientes tiemblan contribuyen a una mayor pérdida de calor.

✓ COMORBILIDAD

Los individuos debilitados que carecen de reservas energéticas a nivel celular son particularmente vulnerables a la hipotermia no intencional. Los pacientes con un índice de masa corporal pequeña, con rangos metabólicos impedidos, falla circulatoria, atrofas musculares, y desordenes tiroideos tienen también riesgo de hipotermia no intencional. Pacientes obesos, o que tienen una superficie de piel muy grande y tienen también un área superficial grande de la cual puede perder calor. Pacientes con enfermedades musculares y artritis están comprometidos debido a su imposibilidad de temblar y generar calor. Pacientes con condiciones como hipoglucemia, hipotiroidismo, hipopituitarismo y desnutrición tienen disminución de la producción de calor corporal y están en riesgo de hipotermia. Pacientes con Parkinson y accidentes vasculares cerebrales tienen una disminución en actividad muscular y por ende una disminución en la habilidad para temblar y disminuir calor.

CONSECUENCIAS POTENCIALES DE LA HIPOTERMIA

Hasta la hipotermia perioperatoria ha sido asociada con efectos adversos en los sistemas respiratorio y cardiovascular, la circulación, el sistema nervioso central, y la función hepática, metabólica, renal, y neuromuscular. No todos los pacientes sufrirán todas estas consecuencias, pero mientras mayor riesgo tenga el paciente y más significantes sea la pérdida de temperatura central, mayor será la posibilidad de estos eventos adversos.

✓ EFECTOS CARDIOVASCULARES

Los efectos de la hipotermia en el sistema cardiovascular incluyen vasoconstricción periférica, disminución en el gasto cardiaco, y cambios en la conducción eléctrica.

Durante la inducción de hipotermia aumentan la frecuencia cardíaca y la presión arterial en pacientes sin medicación como respuesta al frío. Ello resulta en una vasoconstricción termorreguladora intensa que ocurre con temperaturas entre 25 a 35°C. principalmente en las derivaciones arteriovenosas localizado en los pies y manos, en pacientes hipotérmicos como un mecanismo homeostático normal diseñado para prevenir una mayor pérdida de calor. Los vasos sanguíneos superficiales que alimentan la piel están constreñidos, manteniendo la sangre caliente más profunda en el centro, mientras que permiten que la temperatura de la piel caiga hasta que se iguale a la temperatura ambiente, dando al paciente un aspecto de color gris ceniza. Se conserva el gasto cardíaco y se relaciona con un aumento de la contractilidad del miocardio. Abajo de 25°C se dilatan ampliamente los vasos de la piel debido a parálisis directa ocasionada por el frío, y el paciente toma nuevamente un color rosa brillante. El fenómeno del llenado capilar es bueno. Cuando continúa el enfriamiento se contraen progresivamente los vasos más profundos. Los de la conjuntiva muestran estasis vascular notable con cese casi total del flujo sanguíneo en arterias y venas hasta de 60μ de diámetro. El incremento inicial de la frecuencia y la presión persisten hasta que se reduce la temperatura corporal a 25°C. Con temperaturas de 25 a 20°C suele haber una reducción notable de la frecuencia y posteriormente ocurre una disminución más gradual. Disminuye el gasto cardíaco y se inactivan los reflejos circulatorios. Arriba de 25°C aumenta la resistencia vascular sistémica, la cual causa una baja en la frecuencia cardíaca y una caída del gasto cardíaco. La contractibilidad del miocardio disminuye, se impide la relajación, y pueden ocurrir disritmias e isquemia miocárdica. La excreción selectiva y reabsorción de electrolitos (potasio y sodio) pueden contribuir a disritmias cardíacas. La presión arterial permanece elevada por vasoconstricción persistente de los vasos internos grandes. Las disminuciones ulteriores de la presión se deben a una caída del gasto cardíaco y no a una reducción de la resistencia vascular sistémica. La presión arterial medida por auscultación desaparece clínicamente con temperaturas más bajas. Este fenómeno ocurre ya que la circulación de sangre fría causa vasoconstricción intensa de los vasos de la piel y de las arterias de tamaño pequeño a intermedio originando rigidez de estos vasos con pérdida del mecanismo esencial para la determinación auscultatoria de la presión arterial. Cuando un paciente hipotérmico despierta y la anestesia comienza a desaparecer el cerebro trata de regresar la temperatura del cuerpo a lo normal, ordenando un incremento en el metabolismo. El incremento resultante en el gasto cardíaco, puede interferir con el sistema de conducción eléctrico del corazón, con complicaciones potencialmente graves. Puede ocurrir fibrilación ventricular, lo

cual resulta en que los ventrículos se contraigan incontrolablemente, en lugar de hacerlo rítmicamente. La circulación del corazón cesa y puede llevar a un paro cardíaco. La hipotermia central de tan solo 1.5°C debajo de lo normal, triplica la incidencia de taquicardia ventricular y eventos de morbilidad cardíaca. En pacientes con factores de riesgo cardíaco que se someten a cirugía no cardíaca el mantenimiento de la normotermia perioperatoria se asocia en la reducción de la incidencia de eventos de morbilidad cardíaca y taquicardia ventricular. En el EKG, durante la bradicardia hipotérmica aumenta la longitud del ciclo total por un incremento de la duración de la sístole y la relajación isométrica sin un aumento relativo importante en la fase de reposo. A medida que disminuye la temperatura cardíaca aumenta el tiempo absoluto de la sístole y de la relajación isométrica. Ello se refleja por una alteración de EKG, con incrementos del tiempo de conducción y prolongación de los intervalos PR, QRS y QT.

✓ ALTERACIONES HEMATOLÓGICAS

La Hipotermia afecta el volumen y los constituyentes sanguíneos (coagulopatías). Por lo regular estas alteraciones son progresivas y se relacionan con el grado de hipotermia. En conjunto disminuye el volumen sanguíneo y hay una salida notable del líquido del árbol vascular hacia los espacios tisulares. Ocurre Anhidremia verdadera. Se observa una concentración creciente de proteínas del plasma. No hay pérdida, los valores absolutos de las proteínas totales tienden a permanecer estables. Los eosinófilos disminuyen. A medida que aumenta el frío disminuye la rapidez del flujo sanguíneo originando estancamiento. En la hipotermia leve o moderada se reduce la capacidad de coagulación sanguínea, pero en la hipotermia profunda aumenta la coagulación intravascular. La coagulopatía es una condición en la cual la sangre no coagula correctamente. Se intensifica mientras la temperatura corporal del paciente disminuye: a 35°C, sólo 1°C debajo de normotermia, el tiempo de coagulación del paciente es ya de 10% más lento que lo normal. Se afectan negativamente por la hipotermia dos mecanismos de coagulación: la formación de tapones plaquetarios se disminuye y la formación de fibrinas que contienen el tapón en su lugar también se hace más lenta. La hipotermia baja reduce la función de las plaquetas y disminuye la activación de la coagulación en cascada. Prolonga ambas, la protrombina (PT) y la tromboplastina parcial (PTT) vía la inhibición directa de la producción de enzimas del factor de coagulación. Los mecanismos de coagulación normales del cuerpo pueden ser alterados, causando un

incremento en el sangrado y posiblemente requiriendo transfusiones sanguíneas. La perfusión disminuida de los tejidos en el sistema vascular puede crear estasis venosa en pacientes que permanecen en una posición en la mesa quirúrgica durante procedimientos largos. La estasis venosa causa un retorno venoso pobre al corazón, el cual puede causar el desarrollo de trombosis en pacientes hipotérmicos. Durante la hipotermia moderada se puede producir leucopenia y disfunción leucocitaria, lo que ha sido implicado en el aumento de la incidencia de sepsis, especialmente de origen respiratorio.

✓ ELECTROLITOS

Durante hipotermia, el potasio se transporta desde el extracelular al intracelular, provocando hipocalemia, durante el recalentamiento se produce el proceso inverso. Es trascendente evaluar periódicamente la calemia pues el incremento del aporte de potasio durante la hipotermia puede desencadenar hipercalemia durante el recalentamiento, la que puede provocar arritmias y ser potencialmente mortal.

✓ HIDRATACIÓN Y NUTRICIÓN

La hidratación debe buscar un balance neutro o ligeramente positivo. La nutrición por vía enteral se ve retardada en pacientes con hipotermia debido a que ésta induce parálisis intestinal. En caso de hipotermia por más de 48 horas se recomienda el uso de nutrición parenteral parcial o total. Por otro lado, la hipotermia puede disminuir la secreción de insulina, provocando hiperglicemia. Esta debe ser corregida pues se ha establecido que la hiperglicemia en pacientes en una unidad de cuidados intensivos es un factor independiente de mal pronóstico. Como se mencionó, debe preferirse el uso de insulina intravenosa en infusión continua a la vía subcutánea debido al bajo flujo sanguíneo subcutáneo en hipotermia.

✓ EFECTOS RESPIRATORIOS

Cuando no se han empleado opiáceos o barbitúricos en la preanestesia, disminuye progresivamente la frecuencia respiratoria. A 32°C suele ser de 10 a 12 respiraciones por

minuto. Ocurre una disminución adicional cuando se reduce la temperatura a 29°C. Cabe esperar que se establezca la frecuencia de 6 a 8/min a 27°C. La profundidad de la respiración espontánea aumenta (en ausencia de opiáceos) cuando la temperatura disminuye abajo de 32°C.

Al parecer el patrón respiratorio es de impulso inspiratorio y puede describirse como respiración apneútica. El intercambio es adecuado hasta los 32°C cuando está obviamente disminuido el volumen minuto. Posteriormente se requiere respiración ayudada o controlada. La hipotermia aumenta el espacio muerto. No se afecta aparentemente la difusión de gases; sin embargo, la curva de disociación de oxígeno se encuentra a la izquierda. El temblor puede incrementar el consumo de oxígeno entre un 400 y un 500%. Junto con esta demanda extra de oxígeno está el cambio en la curva de disociación de la oxihemoglobina, significando que la hemoglobina tiene una mayor afinidad por el oxígeno en pacientes hipotérmicos y no se libera rápidamente para usarse por células y tejidos. Este fenómeno es particularmente significativo para pacientes con enfermedades isquémicas del miocardio, cerebro, o riñones. El incremento en los requerimientos de oxígeno puede llevar a dificultad respiratoria, debido a que la respiración rápida causa que el paciente se agite.

✓ FUNCIÓN NEUROLÓGICA ALTERADA

El enfriamiento de las células cerebrales las torna mucho menos sensibles a la anoxia. A temperaturas entre 37 a 25 °C disminuyen el flujo sanguíneo y el consumo de oxígeno cerebrales en forma proporcional al cambio de la temperatura. El flujo sanguíneo cerebral cae en forma lineal a un índice constante de 6.7% por grado centígrado de disminución. Es mayor que la reducción de la presión arterial sistémica de la presión arterial que se reduce a un 4.8% por grado centígrado. La diferencia en el índice de caída de estos parámetros indica que durante la hipotermia aumenta de hecho la resistencia vascular cerebral. El mecanismo depende posiblemente del pH o de las tensiones sanguíneas de los gases respiratorios. A 25°C hay una disminución real del tamaño de cerebro, que se reduce a un 4% aunado a una reducción relativa del espacio extracerebral de un 31%. Cuando no hay estremecimiento, disminuyen las presiones de líquido cefalorraquídeo y la venosa cerebral casi al mismo índice, un 5.5% por grado centígrado. Es obvia la importancia clínica de estos hechos, especialmente cuando existen edema cerebral o lesiones del cerebro que ocupan espacio. A 25°C se reduce el índice metabólico cerebral del 23 al 25% de lo normal. A 30°C disminuye

el índice metabólico cerebral a un 50% de lo normal. La reducción del consumo cerebral de oxígeno es casi paralela a la reducción del flujo sanguíneo cerebral. Sin embargo, las diferencias del oxígeno arteriovenoso permanecen casi constantes. Cabe señalar que en el corazón se observa esta misma situación, es decir, la reducción del flujo sanguíneo coronario y la disminución del consumo de oxígeno con cambios significantes en las diferencias del oxígeno arteriovenoso. Por este motivo, durante la hipotermia, no hay hipoxia cerebral en tanto esté intacta la circulación.

Una disminución en la perfusión sanguínea cerebral causada por la hipotermia generalmente resulta en depresión del sistema nervioso central. La acumulación de desecho de productos metabólicos y electrolitos en el torrente sanguíneo se agrega a la confusión mental. El déficit neurológico en pacientes hipotérmicos consiste de reacciones lentas y procesos pensados, pérdida de coordinación, disminución de reflejos y pupilas dilatadas. La memoria de corto término es severamente afectada por temperaturas menores de 35°C; el recuerdo de corto tiempo se disminuye un 70% a 34°C. Entre 34 a 37°C hay molestias subjetivas de enfriamiento intenso y estremecimiento. A 34°C o menos se conserva la conciencia pero ocurre amnesia. A unos 32 a 33°C es obvio el letargo. La narcosis quirúrgica ligera comienza alrededor de 31°C y se profundiza progresivamente con una reducción adicional de la temperatura. Alrededor de 20 a 18°C se pierde la conciencia. A 33°C los pacientes se tornan disártricos, pero obedecen instrucciones sencillas y se conservan bien los movimientos voluntarios. A 31 a 32°C comienzan a presentar mala coordinación en las acciones voluntarias. A 29°C aún pueden hablar y responder a instrucciones, pero no hay movimiento voluntario. Alrededor de los 27°C los pacientes ya no pueden hablar. Es posible que abran los ojos y sigan objetos en movimiento, pero son lentos y espontáneos y no pueden obedecer una instrucción. No hay movimiento voluntario. Las pupilas reaccionan aún a la luz pero con gran lentitud. De 25 a 26°C el reflejo pupilar a la luz, los reflejos tendinosos profundos, las respuestas superficiales de la piel y los reflejos nauseosos se embotan casi por completo. Estos signos y síntomas de hipotermia interfieren con una valoración precisa de los pacientes en el periodo postanestésico.

✓ EFECTOS RENALES

La hipotermia disminuye el índice de filtración glomerular y el flujo efectivo renal de plasma aproximadamente como función lineal de la temperatura. A medida que progresa la

hipotermia se reduce el flujo efectivo renal con mayor rapidez que el índice de filtración glomerular. Este último disminuye un 5.3% por grado centígrado, mientras que el flujo efectivo renal de plasma disminuye casi 8.2% por grado. Sin embargo, si ocurre estremecimiento, puede haber un incremento inicial del flujo efectivo renal de plasma hasta del 100%. A este respecto, la reducción de este último es muy similar a las alteraciones del gasto cardíaco y probablemente depende de ellas. Por lo general, con la hipotermia aumenta el hematocrito un 8% como resultado de los cambios de líquido y de la contracción del bazo. El volumen de minuto de orina excretada aumenta en realidad de manera progresiva entre 34 y 26°C. La hormona antidiurética no altera esta respuesta. Cuando se utilizan noradrenalina o la mayor parte de cualquier otro vasopresor para aumentar la presión arterial, no mejora la función renal y suele deteriorarse más. Aunque la hipotermia progresiva reduce el índice de filtración glomerular, no hay una disminución concurrente del volumen urinario o de la excreción de sodio. Es posible que la hipotermia deprima la actividad enzimática tubular directamente, lo que reduciría la capacidad de resorción de los túbulos. Se deprime constantemente la eliminación de potasio. A temperaturas menores de 26°C ocurre una depresión importante del volumen urinario y la excreción de sodio. En este punto, el volumen urinario y la excreción de sodio disminuyen de manera progresiva a medida que aumenta la hipotermia. Los incrementos de la resistencia vascular renal se demuestran por aumento del 137% en el sistema arteriolar aferente y un incremento del 16% en el sistema arteriolar eferente. Por consiguiente, durante el enfriamiento la composición de orina es similar a la de ultrafiltrado del plasma, de tal forma que las relaciones de concentración entre orina y plasma se aproximan a la unidad. Aumenta la depuración de sustancias que se resorben normalmente en los túbulos (agua, sodio, cloruro) y se reduce la de solutos no reabsorbibles (creatinina); también se reduce la depuración de las sustancias secretadas por las células tubulares. Por este motivo se piensa que la actividad tubular proximal se afecta poco por la hipotermia, pero que la función tubular distal se reduce considerablemente.

✓ EFECTOS HEPATICOS

La Hipotermia a 29° C muestran una reducción del flujo sanguíneo hepático. La disminución del flujo arterial hepático es proporcional a la reducción del gasto cardíaco, pero la disminución del flujo sanguíneo portal es notablemente menor, de tal manera que el flujo

sanguíneo hepático total es proporcionalmente menor que la reducción del gasto cardíaco. Al mismo tiempo, durante la hipotermia aumenta del tamaño el hígado y contiene más sangre.

✓ INCREMENTO DEL METABOLISMO

La secreción de catecolaminas muestra una respuesta bifásica. Con la inducción de la hipotermia se observa un aumento de la secreción abajo de 29°C acelerando el índice del metabolismo basal y acelerando la producción de calor. A medida que disminuye más la temperatura hay una reducción progresiva de las concentraciones plasmáticas de adrenalina y noradrenalina. El índice de metabolismo basal del paciente disminuye aproximadamente de 5 a 7% por cada grado centígrado perdido. Según la glicólisis va disminuyendo, compromete la cantidad de calor y energía producida por la descomposición de la comida. Este metabolismo alterado tiene el potencial de interferir con los riñones, cerebro e hígado. Se cree que la baja perfusión y el bajo metabolismo en estos órganos son los responsables del desarrollo de complicaciones más serias asociadas con la hipotermia. La hiperglicemia es común a 32°C, debido a la disminución en la liberación de insulina y a la disminución en la utilización periférica.

✓ TEMBLOR CORPORAL

El temblor es la contracción espontánea, asincrónica y azarosa de músculos esqueléticos como un esfuerzo para aumentar el índice metabólico basal. Se modula a través del hipotálamo y puede aumentar la producción calórica del cuerpo hasta en 300%. Al despertar de la cirugía muchos pacientes tiemblan y algunos se quejan de sentir frío. El temblor resulta en tensión muscular la cual frecuentemente lleva al cansancio. El temblor prolongado con frecuencia causa una incomodidad extrema en el paciente. El temblor es nueve veces mas común que ocurra en pacientes con una temperatura central igual o menor que 35.5°C, comparado con pacientes con una temperatura central igual o mayor de 36°C. La actividad de los músculos durante el temblor genera grandes cantidades de calor. Aunque el temblor es una respuesta fisiológica normal puede ir en detrimento del paciente. Incrementa el índice del metabolismo, la producción de bióxido de carbono, (CO₂), consumo de oxígeno y trabajo del miocardio, y disminuye la saturación de oxígeno arterial, la saturación venosa mezclada,

y las reservas de glicógeno. Si no ocurre una compensación cardiopulmonar que alcance las demandas metabólicas que se han incrementado, ocurrirá un metabolismo celular anaeróbico, resultando en acidosis.

✓ EFECTOS ALTERADOS DE MEDICAMENTOS

Debido a la entrega reducida de sangre al hígado, cerebro y riñones, la eliminación de medicamentos (incluyendo drogas anestésicas) en pacientes hipotérmicos se retarda usualmente. La eliminación retardada de opiáceos y sedantes puede contribuir a la recuperación retardada de la anestesia.

✓ INFECCION DE HERIDAS

La perfusión disminuida de tejidos y la disminución de la producción de energía han sido ligadas a un incremento postoperatorio de infecciones de heridas. El impedimento en el desempeño del sistema inmune es primordialmente el agente causante, aunque el mecanismo exacto de la disfunción del sistema inmune en el paciente hipotérmico no está completamente entendida. Hasta la hipotermia baja reduce la resistencia a la infección de herida quirúrgica impidiendo directamente la función inmune (especialmente por la eliminación oxidatoria de neutrófilos) y la disminución de flujo sanguíneo cutáneo, la cual reduce la entrega de oxígeno a los tejidos. La hipotermia perioperatoria se asocia también con desperdicio proteico y la disminución en la síntesis de colágeno.

✓ LLAGAS DE PRESIÓN

La vasoconstricción reduce el flujo sanguíneo y ello resulta en la carencia de oxígeno en los tejidos llevando a la acidosis. La combinación de presión prolongada, falta de oxígeno, y la presencia de ácido láctico promueven el desarrollo de llagas de presión. La piel más delicada de los ancianos y pacientes debilitados es la que tiene mayor riesgo.

MONITOREO DE LA TEMPERATURA CENTRAL

La prevención de la hipotermia inicia con la evaluación prequirúrgica y estableciendo la temperatura basal del paciente y sus signos vitales. Los síntomas de la hipotermia son difíciles de reconocer en pacientes anestesiados, por que los síntomas francos (ej. Incremento en la frecuencia respiratoria, temblor y taquicardia) están cubiertos por la administración de medicamentos anestésicos. Un signo de hipotermia en un paciente profundamente anestesiado es la necesidad de mayores cantidades de agente anestésico para producir el mismo efecto que en pacientes normotérmicos. Para asegurar su detección temprana, la temperatura del paciente debe ser monitoreada de manera precisa a lo largo del período perioperatorio. Tomar la temperatura basal del paciente cuando éste llega al quirófano alerta a los miembros del staff acerca de los cambios subsecuentes de temperatura. El monitoreo transoperatorio de temperatura es importante, ya sea que el paciente esté recibiendo anestesia general o regional, para poder documentar la hipotermia y la respuesta del paciente a las terapias. Durante la operación se debe monitorear la temperatura cada 15 minutos. En recuperación, algunos hospitales no registran las temperaturas de sus pacientes; otras no tienen estándares de terapia para hipotermia o criterios de temperatura para el alta de los pacientes. Por la seguridad del paciente, todos deben tener registro de sus temperaturas en el rango normal, antes de ser dados de alta de recuperación

SITIOS DE MONITOREO

La temperatura de una estructura o tejido determinado depende de la temperatura y cantidad de flujo sanguíneo en sus alrededores. Por ello, el monitoreo de temperatura es mejor si se hace en regiones vasculares, tales como la arteria pulmonar, el saco sublingual y la membrana timpánica. Los posibles sitios para conseguir la temperatura central, según su efectividad son los siguientes:

- ❖ **Arteria pulmonar.** La temperatura de la sangre que regresa al lado derecho del corazón se piensa que es la medición clínica más precisa de la temperatura central. La temperatura pulmonar arterial ha sido documentada como el método más preciso para medir la temperatura central, por que refleja la temperatura del flujo sanguíneo

mezclado cerca de la aurícula derecha. Su uso es limitado por el hecho de que no todos los pacientes requieren catéteres arteriopulmonares para su tratamiento.

- ❖ **Membrana timpánica.** La membrana timpánica y el hipotálamo comparten la misma fuente de sangre, de manera que la temperatura en este sitio pudiera reflejar la información térmica en el sitio principal de la termorregulación. La medición de la temperatura timpánica es rápida y no invasiva. Los termómetros timpánicos tienen cubiertas protectoras desechables, que se colocan en el canal del oído y minimizan una potencial contaminación cruzada.
- ❖ **Esófago distal.** Los sitios esofágicos están disponibles para monitorear temperaturas y ha sido documentado que se correlacionan positivamente con la temperatura de la arteria pulmonar. Los pacientes inconscientes toleran mejor el uso de este método, ya que el reflejo del vómito se estimula en aquellos pacientes despiertos.
- ❖ **Nasofaringe.** La nasofaringe ha sido documentada también como un sitio que se correlaciona positivamente con la temperatura de la arteria pulmonar. Puede ser afectada por la administración de gases humidificados y calentados.
- ❖ **Orofaringe.** La temperatura oral es un método no invasivo de cuantificar la temperatura central sin causar incomodidad al paciente. El correcto posicionamiento la parte posterior del saco sublingual de la boca es crucial, ya que el tejido sublingual contiene un rico abasto de sangre; otros tejidos orales están menos vascularizados.
- ❖ **Vejiga.** La temperatura de la vejiga ha sido documentada también como una que se correlaciona positivamente con las temperaturas de la arteria pulmonar y la temperatura esofágica. El monitoreo de temperatura en la vejiga implica la inserción de una sonda Foley con un sensor conectado a un termómetro electrónico que puede ser aquellos incluidos en los monitores del quirófano, o bien, un monitor de temperatura independiente. Las temperaturas medidas a través de este método cuantifican la transición entre la temperatura central y la periférica, y puede que no reflejen la temperatura central.
- ❖ **Recto.** El monitoreo de temperatura rectal ha sido utilizado por muchos años. Sin embargo, debido a que el recto no es un órgano vascular, puede no reflejar la temperatura central de manera precisa. El sensor debe ser insertado a por lo menos 8 cm. para que sea efectivo y la presencia de heces puede retrasar la observación en cambios de temperatura. Más aún, el monitoreo rectal de temperatura puede causar incomodidad física y emocional al paciente.

- ❖ **Axilar.** El monitoreo axila de temperatura es no invasivo y es un sitio de muy fácil acceso, pero puede no reflejar la temperatura central real. La temperatura axilar es muy cercana a la temperatura de la piel, pero no se compara con otros métodos de monitoreo de temperatura central.
- ❖ **Piel.** Los termómetros de cristal colocados en la frente son indicadores no confiables de la temperatura central.

PRECALENTAMIENTO

El calentamiento cutáneo previo a la inducción de la anestesia tiene poco efecto sobre la temperatura central, debido a que la termorregulación se encuentra intacta en esta etapa pero reduce eficazmente el gradiente normal centro-periferia al aumentar el contenido de calor en éste último. Como consecuencia, la inducción anestésica producirá una menor redistribución del calor y amortiguará la hipotermia debido a que el flujo de calor depende de la magnitud de este gradiente. Accesoriamente, el calor aplicado a la piel puede producir vasodilatación periférica, como consecuencia de la necesidad del sistema termorregulatorio de alterar el típico patrón de conservación del calor al de disipación, lo que contribuye a amortiguar el efecto de la anestesia general sobre el tono vasomotor durante la inducción. La eficacia del mecanismo de precalentamiento, estará determinada por la magnitud en que el tratamiento incrementa la temperatura del compartimiento periférico, sobre todo en los miembros inferiores. El aumento moderado de la temperatura ambiente durante un período largo de tiempo, puede aumentar la temperatura de los tejidos del compartimiento periférico y provocar vasodilatación aunque la temperatura ambiente necesaria para producir un efecto clínicamente significativo, sobre la reducción de la magnitud de la redistribución, es difícil de aplicar en los hospitales modernos. Por el contrario, habitualmente los pacientes hospitalizados están relativamente fríos, debido a que los mecanismos de compensación conductuales pueden estar suprimidos o ser inefectivos por el escaso abrigo, la avanzada edad y las patologías subyacentes. Debido a los factores antes mencionados, la mayoría de los pacientes quirúrgicos ingresa a la sala de operaciones con un considerable aumento del gradiente de temperatura intercompartimental, lo que favorece la aplicación de este método de calefacción. El precalentamiento con aire circulante calefaccionado durante una a dos horas, previo a la inducción anestésica, se ha demostrado como método efectivo en reducir la hipotermia por redistribución en voluntarios sanos y en pacientes quirúrgicos

sometidos a anestesia general y también en la anestesia peridural. Aunque debe transferirse una cantidad de calor considerable a través de la superficie cutánea, el calentamiento activo por sólo 30 minutos, puede reducir significativamente la hipotermia por redistribución. Varios factores limitan la velocidad y la eficacia máxima del precalentamiento. La sudoración es un mecanismo de respuesta termorreguladora muy efectivo que se regula por la temperatura central y cutánea y por la velocidad de cambio de ésta última. El calentamiento cutáneo agresivo puede desencadenar sudoración con una reducción de la transferencia cutánea neta de calor. Las altas temperaturas en la piel y especialmente el rápido aumento de la temperatura cutánea provoca discomfort térmico, lo que puede limitar la tolerancia al calentamiento agresivo. El contenido total de calor corporal aumenta en función de la suma del calor derivado de la producción metabólica y de las pérdidas/ganancias ambientales de calor. La tasa metabólica basal se mantiene esencialmente constante, pero los métodos de calentamiento no invasivos difieren significativamente en la velocidad de transferencia de calor a la piel. Los dispositivos de aire calefaccionado circulante son los métodos de calefaccionamiento más eficaces disponibles en la actualidad. El método de precalentamiento puede ser incorporado a la práctica anestésica rutinaria sin excesiva dificultad, adoptando la estrategia de comenzar el calentamiento cutáneo activo tan pronto como el paciente ingresa al block quirúrgico y manteniéndolo hasta que el paciente es transferido a la sala de operaciones.

ESTRATEGIAS DE CALENTAMIENTO

Los métodos de prevención de hipotermia aspiran el reducir el gradiente entre la temperatura central del paciente y su medio ambiente inmediato. El mantenimiento de la normotermia transoperatoria ha demostrado proveer mejor perfusión periférica con menor resistencia vascular sistémica, consumo de oxígeno estable y menor estimulación adrenérgica durante el período inmediato de recuperación. Los métodos de calentamiento perioperatorio de los pacientes pueden ser clasificados como pasivo, activo interno y activo externo.

o El calentamiento pasivo: reduce la pérdida de calor sólo 30% y aísla al paciente de perder calor vía radiación y convección. Consiste simplemente en cubrir y aislar al paciente en un entorno cálido para estimular la producción de calor basal del cuerpo proveyendo materiales de aislamiento como cobijas para prevenir mayores pérdidas de calor. Con la cabeza

cubierta, la velocidad de recalentamiento suele ser de 0.5 a 2°C por hora. Estos métodos están disponibles fácilmente y pueden ser utilizados antes de la cirugía. Adicionalmente, estos métodos conllevan un riesgo mínimo para los pacientes y proveen un calentamiento lento, el cual puede ser garantía para ser utilizado en ancianos. Estos métodos reducen la pérdida de calor pero confían en la producción de calor del paciente para calentar.

El recalentamiento activo es necesario en las siguientes circunstancias: temperatura central <32°C (poiquiloterma), inestabilidad vascular, edades extremas, disfunción del SNC, insuficiencia endocrina o presunta hipotermia secundaria.

o El calentamiento activo externo: implica el proveer calor externo al cuerpo en un intento de elevar la temperatura central. Los métodos activos son generalmente más efectivos que los pasivos al producir calor, pero también conllevan mayor riesgo. La mejor forma es usar mantas calentadoras con paso de aire. Otras opciones son las fuentes de calor radiante y compresas calientes.

o El calentamiento activo interno: reestablece la normotermia de manera más rápida que los métodos superficiales. El uso habitual de inhalación calentada, la infusión calentada y el lavado (gástrico, cólico, mediastínico, torácico, pleural). También puede optarse por la hemodiálisis y el recalentamiento venovenoso o arteriovenoso continuo junto con una derivación cardiopulmonar formal.

La elección del método de calentamiento depende del grado de hipotermia y de la presencia de complicaciones fisiológicas relacionadas a la hipotermia. Los intentos para minimizar la hipotermia transoperatoria son apropiados para la mayoría de los pacientes quirúrgicos, especialmente para aquellos con reserva cardiorrespiratoria pobre. El método de calentamiento más eficaz no invasivo es el aire forzado, que típicamente aumenta la temperatura corporal medio 1.5 °C/ hr. En la mayoría de los casos se requiere alguna forma de calentamiento activo para prevenir la hipotermia transoperatoria, aunque algunos pacientes que son sometidos a alguna operación menor en un ambiente caliente, pueden no requerir calentamiento activo. Los mejores resultados se obtienen al combinar métodos que disminuyan la pérdida de calor. Cualquier combinación de métodos que mantenga la temperatura central arriba de 36°C es adecuado. La meta de manejo de temperatura en el equipo de anestesia y el quirúrgico es la prevención de la pérdida de calor; el objetivo de los miembros de recuperación usualmente es reestablecer la normotermia.

Entre los métodos utilizados para evitar la hipotermia se encuentran:

✓ **COLOCAR SABANAS**

La piel es la fuente predominante de pérdida de calor durante la cirugía, aunque la evaporación de las incisiones quirúrgicas grandes también puede ser importante. La pérdida cutánea de calor puede disminuir cubriendo la piel con sábanas de algodón precalentadas, “sábanas espaciales”, campos quirúrgicos o bolsas de plástico. Se pueden colocar sábanas calientes en el paciente cuando llegue al área quirúrgica y después de que le han quitado los campos quirúrgicos. Una sola capa de material aislante reduce la pérdida de calor aproximadamente en un 30%, pero si se agregan mas capas no parece incrementar proporcionalmente el beneficio.

Las sábanas de algodón precalentadas pueden ser colocadas en el cuerpo del paciente antes, durante y después de la cirugía, para prevenir la pérdida de calor debido a la radiación. Muchos hospitales utilizan hornos de microondas o cuentan con hornos para calentar sábanas. Las sábanas calientes transfieren calor mediante la conducción a la superficie del paciente y también actúan como aislante del medio ambiente. Las sábanas calientes de algodón proveen una sensación de calor, pero el algodón disipa rápidamente el calor al medio ambiente. El personal puede agregar más cobertores si el clima es frío o la cubierta del paciente no parece ser la adecuada. Durante el traslado del paciente a recuperación el paciente debe estar cubierto con sábanas adicionales. Las sábanas calientes disminuirán el tiempo del período de caída y aquellos pacientes con temblor parecen encontrar confortable el calor de las mismas.

Los parches térmicos desechables o reusables (sábanas espaciales) están hechas de material reflectivo y han sido efectivas en la prevención de la pérdida de calor por radiación y convección. Pueden ser aplicados a una parte o a todo el cuerpo para inducir la retención pasiva de calor en pacientes quirúrgicos. Las desventajas de este método incluyen el riesgo de contaminación cruzada en los parches reusables y el costo de su uso. Las sábanas térmicas reflejan el calor corporal protegiendo la superficie de la piel del ambiente y corrientes de aire frío y bloqueando la pérdida de calor por radiación. Tienen una efectividad limitada reduciendo la pérdida de calor durante el procedimiento quirúrgico y por ello su recomendación es exclusivamente para procedimientos cortos o en combinación con otros

métodos. El calor reflejado es insuficiente para contrarrestar la reducción progresiva en la temperatura central asociada con la anestesia y la cirugía.

✓ LIMITAR LA CANTIDAD Y EL TIEMPO DE EXPOSICION

Limitar la extensión y tiempo de la exposición de la piel del paciente durante su posicionamiento y preparación, limitará la cantidad de calor perdido por conducción y convección. Tales medidas deberán incluir la disminución del tiempo entre la preparación de la piel y la colocación de los campos, así como prevenir que éstos se mojen.

✓ AJUSTAR LA TEMPERATURA AMBIENTE

La temperatura ambiental y la humedad juegan un papel importante en el mantenimiento de la normotermia. La hipotermia no ocurre en quirófanos tropicales que carezcan de aire acondicionado. La humedad relativa >45% y una temperatura del quirófano de entre 21°C a 24°C es usualmente recomendada para pacientes adultos. Para niños, la temperatura del quirófano deberá incrementarse a entre 24°C y 26°C. Incrementar varios grados la temperatura ambiente de las áreas perioperatorias disminuye la pérdida de calor del paciente por las vías de conducción, convección y radiación. Arriba de 24°C la mayoría de pacientes permanecerán normotérmicos; debajo de 21°C, todos los pacientes estarán hipotérmicos. Desafortunadamente, las temperaturas arriba de 25°C son incómodas para el personal quirúrgico, ya que están cubiertos y trabajando bajo el calor de las lámparas quirúrgicas. El incrementar las temperaturas también está asociado con el crecimiento de microorganismos.

✓ USO DE DISPOSITIVOS DE CALOR EXTERNO

Los dispositivos de calor externo incluyen métodos de calentamiento pasivo o dispositivos de calentamiento activo externo, tales como, lámparas infrarrojas, colchones térmicos, y sistemas de calentamiento por convección de aire.

Cubiertas de cabeza

La cabeza descubierta del paciente puede contribuir con un 60% de la pérdida total de calor corporal, pero algunas investigaciones son inconsistentes en la tasa de eficacia de las cubiertas de cabeza en calentamiento. Cubrir la cabeza del paciente con una sabana caliente, un estoquinete o una cubierta de plástico puede ayudar a disminuir la pérdida de

calor. Las cubiertas para cabeza disminuyen la pérdida de calor de la misma y se utilizan rutinariamente en muchos quirófanos y salas de recuperación. Cubrir la cabeza reduce la pérdida de calor a través de los gradientes térmicos cuando los pacientes están vasoconstruidos periféricamente. Debido a que la mayor pérdida de calor en neonatos, infantes y niños ocurre vía la cabeza, debe considerarse el uso de cubiertas reflectivas para la cabeza en estos pacientes.

Lámparas Infrarrojas

Las lámparas infrarrojas móviles o “techos térmicos” pueden proveer calor radiante. Las lámparas infrarrojas irradian directamente calor en el pecho y abdomen del paciente. El techo térmico es un dispositivo grande, plano, no infrarrojo diseñado para ser posicionado sobre el cuerpo del paciente. Existe poca literatura publicada acerca de la confiabilidad y eficacia de las lámparas de calor radiante para incrementar la temperatura corporal central, aunque pueden inhibir el temblor postanestésico mediante el calentamiento de los receptores térmicos superficiales de la piel. Debido a que la piel del paciente debe ser descubierta para que este método trabaje, su uso se ha asociado con un gran riesgo de quemaduras. Adicionalmente el equipo es estorboso e incómodo. El uso de calor radiante no ha sido demostrado que sea más efectivo que el aislamiento pasivo.

Colchones Térmicos (de Agua)

Un colchón delgado calentado relleno de agua puede ser colocado ya sea debajo o sobre el paciente, con una sábana delgada entre el colchón y el paciente para prevenir quemaduras de la piel. La transferencia de calor ocurre a través de la conducción del colchón hacia el paciente³⁸. De cualquier manera no existe evidencia de éxito en su uso que haya sido publicado, y en cambio se han reportado quemaduras de piel y lesiones de presión térmica. La fuga del colchón puede contaminar el campo quirúrgico. Además, solamente un tercio de la piel del paciente está en contacto con el colchón permitiendo que el resto del cuerpo pierda calor por los métodos usuales. Las instrucciones del fabricante sugieren que estos colchones térmicos sean utilizados a un mínimo de 41°C.

Sistemas de Convección de Aire Caliente

Han sido definidos como el método más efectivo de prevención y tratamiento de pérdida de calor en pacientes quirúrgicos. El calentamiento convectivo ha demostrado disminuir la respuesta adrenérgica, disminuir el índice de temblores e incrementar el confort térmico. Es

suficientemente eficiente para prevenir la hipotermia severa aun durante la combinación de anestesia general y epidural.

Los dispositivos del sistema de calentamiento consisten de:

- Un generador de aire ajustable que incluye un elemento de calentamiento junto con un controlador de temperatura a un máximo de 44°C
- Una sabana de material desechable con perforaciones de salida de aire en la parte baja

- Una manguera conectando la fuente de calor y la sabana. Conforme la sabana se va inflando el aire caliente escapa en la parte baja bañando la piel del paciente y formando un microclima que previene la perdida de calor por radiación y convección.

Los sistemas de calentamiento convectivo tienen disponibles sabanas superiores, inferiores y de cuerpo completo con formas para adultos e infantes. La sabana debe ser colocada sobre el paciente y se puede colocar un campo de poco peso sobre la sabana. Los sistemas de calentamiento convectivo se utilizan con mayor frecuencia trans y posquirúrgico, pero pueden ser también colocados en el preoperatorio para incrementar las temperaturas periféricas y con ello minimizar la redistribución central-periférica de calor del cuerpo que típicamente sucede inmediatamente después de la inducción de la anestesia general o regional. Las quemaduras térmicas o necrosis de presión pueden ocurrir cuando se utilizan sabanas reguladas por temperatura. El uso de sistemas de aire caliente esta contraindicado en pacientes con enfermedad vascular periférica, ya que las quemaduras pueden resultar en limbos isquémicos. Se han reportado dos casos de quemaduras de segundo grado por el uso de esta terapia. Ambos pacientes tenia enfermedad vascular periférica y fallas cardiacas; en uno de ellos, el equipo fue francamente mal utilizado. Las temperaturas de piel que se utilizan no son lo suficientemente altas para provocar quemaduras si las sabanas se aplican correctamente a los pacientes adecuados. Cuando se utilicen sistemas de convección de aire caliente deben ser colocados de una manera segura, efectiva y ser monitoreados de cerca durante el procedimiento quirúrgico. A no ser que la sabana este diseñada para ser colocada sobre la piel del pacientes debe de utilizar una tela delgada para proteger al paciente. El contacto directo de la piel del paciente con las superficies plásticas de las sabanas se debe evitar. También se debe evitar el doblar o taponar la sabana. Cuando se alcanza la normotermia, considera reducir tanto la velocidad del flujo de aire, la temperatura, o apagar la sabana. Podrán existir

diferencias significativas en la transferencia de calor al cuerpo entre los diferentes sistemas de calentamiento por convección. Estas diferencias han sido atribuidas a la distribución del aire caliente en áreas importantes para la transferencia de calor al cuerpo (ej. pecho, axilas, abdomen y parte superior de las piernas). Asegúrese de escoger el sistema de calentamiento que sea:

- Silencioso. Algunas unidades tienen dispositivos de reducción de ruido que las hacen menos distractoras amortiguando el sonido.
- Doble filtro. Los sistemas de filtración doble (entrada y salida) significa tener menos partículas entregadas en el aire.
- Retardante a la flama. La sabana debe cumplir o exceder los estándares de seguridad para los quirófanos, pero al mismo tiempo debe resistir rasgaduras, pinchaduras y fluidos.
- Facilidad de uso. Las sabanas se deben ajustar al contorno del cuerpo, de manera que no se necesiten amarrar o sujetar y que no se levanten. Los canales tubulares del flujo de aire uniformes, facilitan la flexibilidad de la sabana haciendo que sea más simple el doblarla para revisar al paciente.
- Control de temperatura preciso. El dispositivo debe tener un sistema de control de temperatura en la unión de la manguera con la sabana, mismo que provea consistentemente en cada procedimiento la temperatura de aire seleccionada.

SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE FLUIDOS

La hipotermia puede presentarse por la transfusión rápida de grandes volúmenes de sangre fría. Los paquetes de eritrocitos (globulares) se almacenan a temperaturas entre 1 y 6 °C. El paciente que está hipovolémico, en estado de choque y con hemorragia importante no será capaz de compensar la temperatura fría de múltiples unidades de sangre. La persona con hipotermia durante grandes transfusiones tiene un mayor riesgo de mortalidad. Debido a que la infusión de fluidos fríos puede reducir la temperatura corporal del paciente, el calentamiento de fluidos es efectivo en la prevención de hipotermia o pérdida de calor en el periodo perioperatorio. El calentamiento de fluidos es más útil cuando se infunde una mayor cantidad de fluidos a temperatura ambiente o cuando se infunden productos sanguíneos refrigerados. El calentamiento de fluidos generalmente se recomienda para procedimientos utilizando un litro o más de fluidos intravenosos y en procedimientos cuya duración sea de una hora o mayor. Los mecanismos de calentamiento pueden ser

incorporados a un set intravenoso convencional, los sistemas de manejo de fluidos con cámaras de presión, los sistemas de irrigación diseñados para mejorar la visualización en procedimientos urológicos (tal y como en las R.T.U.) y los sistemas utilizados en cirugía de mínima inversión (laparoscopia, artroscopia, histeroscopia).

- Los hornos de microondas no son recomendados por la AORM, o los fabricantes de fluidos debido a que desconoce los niveles de temperatura a los cuales se calientan.
- La sangre para transfundir debe ser calentada por un calentador de sangre, las transfusiones masivas de sangre, pueden sobrepasar la capacidad de los calentadores de sangre convencionales, y los calentadores de gran volumen deben ser utilizados en estas situaciones. El calentar la sangre, ha sido documentado, que previene la pérdida de calor en aquellos pacientes que requieren transfusiones. No se recomienda calentar en microondas las soluciones coloides debido a que pueden dañar las células de los factores de coagulación.
- Si el paciente requiere irrigación y/o lavado, el irrigar soluciones calientes puede reducir la pérdida de calor transoperatorio en pacientes que se someten a procedimientos quirúrgicos que impliquen cavidades abiertas. El lavado peritoneal con fluido caliente puede revitalizar el hígado, permitiendo que continúe con las funciones destoxicadoras alteradas por la hipotermia, incluyendo el proceso de transformación de ácido láctico a glucosa. Este método es fácil de implementar, pero requiere una unidad de calentamiento para calentar los fluidos antes de utilizarlos. Con la excepción del calentamiento continuo arteriovenoso (CAVR), la habilidad de incrementar activamente la temperatura corporal mediante calentadores de fluidos depende no solamente de la eficiencia de los equipos, sino también del total de la cantidad de fluidos a ser infundidos por hora. Los sistemas de calentamiento de fluidos necesitan ser ensamblados y utilizan una extensión intravenosa desechable. El calentamiento de volúmenes pequeños de fluido intravenoso por si mismo tiene una capacidad limitada de influenciar la hipotermia, pero se recomienda en conjunto con calentamiento superficial, particularmente con calentamiento por convección. El calentar fluidos a una temperatura igual o mayor a la corporal ayuda a prevenir la hipotermia y debe ser utilizado si se van a administrar grandes volúmenes. La solución salina calentada a 60°C ha sido infundida a través de un acceso venoso central sin efectos negativos.

Las características deseables de un sistema de calentamiento de fluidos incluyen:

- Una línea de fluidos que caliente la sangre y fluidos hasta llegar al paciente. Cuando los fluidos intravenosos calientes permanecen en la línea del paciente, goteando lentamente, la constante exposición a temperatura ambiental (20°C) enfría consistentemente el fluido. Los sistemas de calentamiento de fluidos intravenosos más efectivos rodean la línea del paciente con un baño de agua circulante calentada entre 41 y 42°C. Esto protege la línea del paciente contra la exposición al frío, y elimina el enfriamiento de la línea intravenosa. Los rangos típicos de temperatura entregada al paciente en flujos de rutina oscila entre los 37 y 41°C. Aun los flujos bajos son entregados calientes.
- La disponibilidad de sets de irrigación e infusión libres de látex para utilizarse en aquellos pacientes que se sepa o sospeche que son alérgicos al látex.

✓ USO DE NARICES ARTIFICIALES

Las narices artificiales son dispositivos tipo filtro desechables, que se colocan al final del tubo endotraqueal del paciente. Se utilizan para retener calor y humedad en los gases inspirados por el paciente. La humidificación de gases inspirados probablemente es útil para minimizar la pérdida de calor por evaporación. Los gases inspirados pueden ser calentados a un máximo de 45°C sin que causen daño térmico a la vía aérea, pero este método no ha probado que sea particularmente efectivo. Menos del 10% del calor metabólico se pierde a través de la respiración aunque el gas para ventilar este frío y seco. El calentamiento y humidificación pasivo o activo de la vía aérea, entonces, contribuye poco a la prevención de la hipotermia no intencional. Los principales riesgos que involucra el uso de estos dispositivos son:

- Contaminación bacterial. Se puede evitar la contaminación utilizando productos desechables.
- Condensación. Esto causa fallas en la válvula del circuito de anestesia u obstrucción del tubo. La condensación puede evitarse vaciando el tubo periódicamente.
- Quemaduras traqueales no intencionales. Como regla, los gases anestésicos humidificados y calentados a 41°C son seguros. Arriba de esta temperatura existe la posibilidad de quemaduras traqueales que puede resultar en edema traqueobronquial.

✓ OTRAS TECNICAS DE CALENTAMIENTO CENTRAL

Otras técnicas de calentamiento central que se han sugerido incluyen:

- RCAV (recalentamiento continuo arterio-venoso). Este método de calentamiento extracorpóreo, ha probado ser eficiente en pacientes de trauma con hipotermia severa, sin requerir un bypass cardiopulmonar o heparinización sistémica.
- Irrigación gástrica transoperatoria de fluidos calientes. Este método es factible, pero existen preocupaciones acerca de la posible aspiración cuando se utilizan grandes volúmenes de fluido.
- Irrigación de colon. Este método es impráctico como método de calentamiento central debido a la necesidad de mantener un ambiente higiénico y limpio dentro del quirófano.
- Irrigación de fluidos calientes ya sea al espacio pleural o a la cavidad peritoneal. Este método ha sido descrito como un método efectivo para calentar pacientes, pero conlleva ciertos riesgos inherentes en la inserción del catéter y la potencial exacerbación de contaminación del espacio que ha sido violado.
- Calentamiento extracorpóreo de sangre. Este circuito de calentamiento continuo arteriovenoso es muy efectivo para mantener la normotermia transoperatoria, pero el hecho de tener que utilizar cánulas arteriales y venosas de gran tamaño lo hacen poco atractivo. Más aun existe coagulación dentro del intercambiador de calor después de aproximadamente 1.5 hrs y es difícil de cuidar los dos catéteres cuando se reposiciona al paciente.

PROBLEMAS POTENCIALES CON EL RECALENTAMIENTO

La mayor parte de los problemas con el recalentamiento rápido están asociados con la hipotermia inducida y los pacientes de trauma severamente hipotérmicos. Un recalentamiento muy rápido puede provocar complicaciones como acidosis, vasodilatación masiva e hipotensión. Adicionalmente la aplicación inapropiada de dispositivos de calentamiento puede comprometer la integridad de la piel.

✓ ACIDOSIS

El recalentamiento rápido en pacientes que respiran espontáneamente puede no ser dañino pero en un paciente anestesiado, ventilado mecánicamente, es potencialmente peligroso. La producción de CO₂ se incrementará aproximadamente 7% por cada grado centígrado de incremento en temperatura. A no ser que esta producción aumentada de CO₂ sea detectada y contrarrestada ajustando el ventilador para incrementar la ventilación alveolar, el incremento en la producción de CO₂ del paciente se reflejara en el desarrollo de acidosis respiratoria potencialmente respiratoria. El paciente sedado y ventilado mecánicamente, no puede incrementar el rango de ventilación alveolar para satisfacer la demanda del incremento en el consumo de oxígeno y el incremento de la producción de CO₂ que ocurre con el recalentamiento rápido. Adicionalmente los ácidos acumulados en la sangre en la periferia regresan al corazón durante el recalentamiento. Estos ácidos provocan la disminución del Ph sanguíneo como resultado de un incremento repentino en la concentración de ácido láctico, resultando en acidosis metabólica. La acidosis metabólica deprime la actividad funcional de todos los órganos vitales, especialmente el sistema cardiovascular. La acidosis tiene un efecto adverso en el miocardio. Si no se trata puede resultar en varios eventos en su detrimento, incluyendo la disminución de gasto cardíaco, disminución en el transporte de oxígeno a los tejidos, y una disminución en la saturación de oxígeno arterial. La acidosis puede agravar las arritmias e incrementar la irritabilidad ventricular.

✓ VASODILATACION E HIPOTENSION

Recalentar al paciente muy rápido causara vasodilatación repentina e hipotensión severa y recargará el sistema circulatorio con metabolitos anaeróbicos que se han acumulado durante la cirugía hipotérmica. Cuando ocurre la hipotensión se administran fluidos y típicamente se elevan las piernas del paciente. Esta intervención envía el fluido nuevamente a la circulación central y puede incrementar la circulación sanguínea; sin embargo puede ser potencialmente peligroso, debido a que la sangre periférica fría contiene altos niveles de potasio y ácidos y es enviada al corazón, lo que puede llevar a una ectopia ventricular o fibrilación ventricular.

✓ PROBLEMAS DE LA PIEL

Los pacientes pueden variar en su habilidad para tolerar el calor o frío. Las condiciones que predisponen a los pacientes a daños en la piel incluyen la edad, inmovilidad, heridas abiertas, estrías, áreas edematosas, enfermedad vascular periférica, confusión, inconsciencia, daños espinales, o abscesos. La integridad de la piel debe ser revisada antes, periódicamente durante y después de usar sistemas de regulación de temperatura tales como, sabanas de calentamiento activo y lámparas de calor.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Demostrar que los factores protectores disminuyen el riesgo de Hipotermia Transoperatoria en pacientes geriátricos a quienes se les realizó el procedimiento quirúrgico de resección transureteral de próstata (RTUP) en el Hospital General de Enfermedad Común del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) en los meses de mayo a agosto del 2010.

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1. Determinar la frecuencia de hipotermia transoperatoria.

3.2.2. Identificar factores de riesgo propios del paciente y/o del ambiente quirúrgico que favorecen la hipotermia transoperatoria.

3.2.3. Establecer el uso de medidas preventivas en pacientes para evitar hipotermia transoperatoria.

IV. MATERIAL Y METODOS

4.1 Tipo de estudio.

Estudio Prospectivo. Casos y Controles.

4.2 Población de estudio.

Pacientes geriátricos a quienes se les realizó por parte de los cirujanos de urología el procedimiento de resección transuretral de próstata (RTUP) durante los meses septiembre a diciembre del año 2010 en el hospital de enfermedad común (IGSS).

4.3 Selección y tamaño de la muestra

Sobre una población estimada de 92 pacientes, se toma una muestra de 58 pacientes geriátricos a quienes se les efectuó el procedimiento de RTUP, que fueron seleccionados por presentar las características de inclusión, durante los meses de septiembre a diciembre del año 2010 en el hospital de enfermedad común (IGSS). De los 58 pacientes, 29 se tomaron como control, a los cuales se le aplicaron medidas preventivas para hipotermia y los otros 29 fueron los casos, a quienes no se aplica ninguna medida preventiva para hipotermia.

4.4 Unidad de Análisis

Factores protectores y de riesgo para Hipotermia Transoperatoria en pacientes geriátricos sometidos al procedimiento resección transuretral de próstata (RTUP) en el Hospital General de Enfermedad Común.

4.5 Criterios de Inclusión

Pacientes geriátricos clasificados como ASA II sometidos a cirugía electiva de resección transuretral de próstata (RTUP) con anestesia Epidural con duración de mínimo

una hora durante los meses de septiembre a diciembre del año 2010 en el Hospital General de Enfermedad Común (IGSS).

4.6 Criterios de Exclusión

Pacientes geriátricos que no cumplieran con los criterios de inclusión, que no presentaran normotermia a la llegada a sala de operaciones, o que presentaran sepsis y/o deshidratación.

4.7 Variables Estudiadas

4.7.1 Independientes

Pacientes geriátricos a quienes se les realizó el procedimiento quirúrgico de resección transuretral de próstata (RTUP) en el Hospital General de Enfermedad Común (IGSS) y que han sido sometidos a diferentes factores de riesgo para hipotermia transoperatoria como tiempo de ayuno, exposición de piel en el quirófano, infusión de líquidos fríos y temperatura fría del ambiente.

4.7.2 Dependientes

Grado de Hipotermia Intraoperatoria en pacientes geriátricos a quienes se les realizó el procedimiento de resección transuretral de próstata (RTUP) en el Hospital General de Enfermedad Común (IGSS) evaluado por toma de temperatura central a nivel auditivo.

4. 8 Operacionalización de las Variables

Variable	Definición Teórica	Definición Operacional	Tipo de Variable	Escala de Medición	Unidad de Medida
Edad	Tiempo transcurrido a partir del	60 años en adelante	Cuantitativo	Razón	Años

	nacimiento de un individuo				
Temperatura	Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente.	-Normotermia -Hipotermia leve -Hipotermia Moderada -Hipotermia Severa	Cuantitativo	Intervalo	Grados Centígrados
Temblor Corporal	Es una forma de movimiento corporal anormal e involuntario, incluido entre las llamadas discinesias de la patología neurológica	-Si -No	Cualitativo	Nominal	Boleta de Recolección de datos
Frecuencia Cardiaca	Número de latidos del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo.	Aumenta, disminuye o igual según la primera toma.	Cuantitativo	Razón	Lpm
Presión Arterial	La Presión que ejerce	Aumenta, disminuye o	Cuantitativo	Razón	mmHg

	la sangre contra la pared de las arterias.	igual según la primera toma.			
Potasio	Catión de mayor cantidad en el líquido intracelular del organismo humano. Involucrado en la contracción muscular y la regulación de la actividad neuromuscular.	Aumenta, disminuye o igual según laboratorios presop.	Cuantitativo	Razón	mEq
Hematocrito	Porcentaje de una muestra centrifugada de sangre que corresponde a los eritrocitos.	Aumenta, disminuye o igual según laboratorios presop.	Cuantitativo	Razón	%
Glicemia	Es la medida de concentraci	Aumenta, disminuye o igual según	Cuantitativo	Razón	mg/dl

	ón de glucosa libre en sangre, suero o plasma sanguíneo.	laboratorios presop.			
Tiempos de Coagulación	Prueba de laboratorio que indica el estado de los factores plasmáticos que intervienen en la coagulación	Aumenta, disminuye o igual según laboratorios presop.	Cuantitativo	Razón	seg.

4.9 Instrumentos utilizados para recolectar y registrar la información

Boleta de recolección de datos, donde se registro la temperatura central (auditiva) y otros parámetros indicadores de hipotermia Preoperatoriamente, Transoperatoriamente y Postoperatoriamente. También se registro en la misma, los factores de riesgo a los que estará expuesto el paciente para llegar o no a desarrollar una hipotermia transoperatoria (ver Anexo#2).

4.10 Procedimientos para la recolección de la información

Se informo al paciente acerca del estudio a realizar y se le pregunto si deseaba colaborar, en caso afirmativo se distribuyo a los pacientes de forma aleatoria a uno de los 2 grupos de caso o control de 29 pacientes cada uno. Posteriormente se procedió a realizar la monitorización de la temperatura corporal central (por medio de un termómetro auditivo),

presión arterial y frecuencia cardiaca en ambos grupos preoperatoriamente, transoperatoriamente y postoperatoriamente. El registro de la temperatura central como de los otros parámetros se llevo a cabo en la boleta de recolección de datos la cual contiene los datos básicos del paciente así como los factores de riesgo y protectores a los cuales serán sometidos transoperatoriamente.

En el primer grupo de pacientes se registro la temperatura y otros parámetros sin aplicarles algún tipo de medida preventiva de hipotermia. En el segundo grupo de pacientes se registro la temperatura y otros parámetros aplicándoles a la vez ciertas medidas preventivas de hipotermia las cuales consisten en regular la temperatura del ambiente del quirófano, uso de colchones térmicos al paciente y calentar los líquidos de uso intravenosos.

4.11 Procedimientos para garantizar aspectos éticos de la investigación

Se explico a los pacientes que cumplían los criterios de inclusión del presente estudio, los objetivos de este como el mecanismo que se utilizo para la recolección de datos. Si los pacientes estaban de acuerdo en colaborar se les pidió que firmaran y/o colocaran su huella digital en un consentimiento informado (ver Anexo#3).

4.12 Procedimientos de análisis de la Información

La Prueba estadística a utilizar será Ji Cuadrada en cuadros de 2 x 2, ya que se analizaran dos grupos con más de dos variables utilizando el programa de EpiInfo.

V. RESULTADOS

- Tabla # 1: Temperatura Central Auditiva

Grupo	Hipotermia Leve	Normotermia	Total
Casos	0	29	29
Control	9	20	29
Total	9	49	58

Fuente: Boletas de recolección de datos

- Tabla # 2: Frecuencia Cardiaca

Grupo	Aumenta	Disminuye	Igual	Total
Casos	1	23	5	29
Control	22	7	0	29
Total	23	30	5	58

Fuente: Boletas de recolección de datos

- Tabla # 3: Presión Arterial

Grupo	Aumenta	Disminuye	Igual	Total
Casos	11	16	2	29
Control	22	7	0	29
Total	33	23	2	58

Fuente: Boletas de recolección de datos

- Tabla # 4: Temblor Corporal

Grupo	Si	No	Total
Casos	0	29	29
Control	28	1	29
Total	28	30	58

Fuente: Boletas de recolección de datos

- Tabla # 5 : Hematocrito Sérico

Grupo	Aumenta	Disminuye	Igual	Total
Casos	10	13	6	29
Control	26	2	1	29
Total	36	15	7	58

Fuente: Boletas de recolección de datos

- Tabla # 6: Tiempos de Coagulación

Grupo	Aumenta	Disminuye	Igual	Total
Casos	2	20	7	29
Control	28	1	0	29
Total	30	21	7	58

Fuente: Boletas de recolección de datos.

- Tabla # 7: Potasio Sérico

Grupo	Aumenta	Disminuye	Igual	Total
Casos	21	7	1	29
Control	5	23	1	29
Total	26	30	2	58

Fuente: Boletas de recolección de datos

- Tabla # 8: Glicemia Sérica

Grupo	Aumenta	Disminuye	Igual	Total
Casos	5	24	0	29
Control	27	1	1	29
Total	32	25	1	58

Fuente: Boletas de recolección de datos

- Tabla # 10 : Temperatura y Hematocrito Sérico

Temperatura			
Hematocrito	Hipotermia leve	Normotermia	TOTAL
Aumenta	11	12	23
Row %	47.8	52.2	100.0
Col %	78.6	27.3	39.7
Disminuye	1	11	12
Row %	8.3	91.7	100.0
Col %	7.1	25.0	20.7
Igual	2	21	23
Row %	8.7	91.3	100.0
Col %	14.3	47.7	39.7
TOTAL	14	44	58
Row %	24.1	75.9	100.0
Col %	100.0	100.0	100.0

Fuente: Boletas de recolección de datos

Chi-cuadrado df Probabilidad

11.6801 2 0.0029

An expected value is < 5. Chi-square not valid.

- Tabla # 11: Temperatura y Presión Arterial

Temperatura			
Presión Arterial	Hipotermia leve	Normotermia	TOTAL
Aumenta	8	7	15
Row %	53.3	46.7	100.0
Col %	57.1	15.9	25.9
Disminuye	1	21	22
Row %	4.5	95.5	100.0
Col %	7.1	47.7	37.9
Igual	5	16	21
Row %	23.8	76.2	100.0
Col %	35.7	36.4	36.2
TOTAL	14	44	58
Row %	24.1	75.9	100.0
Col %	100.0	100.0	100.0

Fuente: Boletas de recolección de datos

Chi-cuadrado	df	Probabilidad
11.5954	2	0.0030

An expected value is < 5. Chi-square not valid.

- Tabla # 12: Temperatura y Frecuencia Cardiaca

Temperatura			
FC	Hipotermia leve	Normotermia	TOTAL
Aumenta	10	8	18
Row %	55.6	44.4	100.0
Col %	71.4	18.2	31.0
Disminuye	1	18	19
Row %	5.3	94.7	100.0
Col %	7.1	40.9	32.8
Igual	3	18	21
Row %	14.3	85.7	100.0
Col %	21.4	40.9	36.2
TOTAL	14	44	58
Row %	24.1	75.9	100.0
Col %	100.0	100.0	100.0

Fuente: Boletas de recolección de datos

Chi-cuadrado df Probabilidad

14.5124 2 0.0007

An expected value is < 5. Chi-square not valid.

- Tabla # 13 : Temperatura y Glicemia Sérica

Temperatura			
Glicemia	Hipotermia leve	Normotermia	TOTAL
Aumenta	9	9	18
Row %	50.0	50.0	100.0
Col %	64.3	20.5	31.0
Disminuye	0	15	15
Row %	0.0	100.0	100.0
Col %	0.0	34.1	25.9
Igual	5	20	25
Row %	20.0	80.0	100.0
Col %	35.7	45.5	43.1
TOTAL	14	44	58
Row %	24.1	75.9	100.0
Col %	100.0	100.0	100.0

Fuente: Boletas de recolección de datos

Chi-cuadrado	df	Probabilidad
11.5812	2	0.0031

An expected value is < 5. Chi-square not valid.

- Tabla # 14 : Temperatura y Potasio Sérico

Temperatura			
Potasio	Hipotermia leve	Normotermia	TOTAL
Aumenta	0	6	6
Row %	0.0	100.0	100.0
Col %	0.0	13.6	10.3
Disminuye	7	4	11
Row %	63.6	36.4	100.0
Col %	50.0	9.1	19.0
Igual	7	34	41
Row %	17.1	82.9	100.0
Col %	50.0	77.3	70.7
TOTAL	14	44	58
Row %	24.1	75.9	100.0
Col %	100.0	100.0	100.0

Fuente: Boletas de recolección de datos

Chi-cuadrado	df	Probabilidad
12.3985	2	0.0020

An expected value is < 5. Chi-square not valid.

- Tabla # 15: Temperatura y Temblor Corporal

Temperatura			
Temblor Corporal	Hipotermia leve	Normotermia	TOTAL
Si	12	15	27
Row %	44.4	55.6	100.0
Col %	85.7	34.1	46.6
No	2	29	31
Row %	6.5	93.5	100.0
Col %	14.3	65.9	53.4
TOTAL	14	44	58
Row %	24.1	75.9	100.0
Col %	100.0	100.0	100.0

Fuente: Boletas de recolección de datos

	Point	95% Confidence Interval	
	Estimate	Lower	Upper
PARAMETERS: Odds-based			
Odds Ratio (cross product)	11.6000	2.2920	58.7083 (T)
Odds Ratio (MLE)	11.0996	2.4212	81.3452 (M)
		2.0760	114.8442 (F)
PARAMETERS: Risk-based			
Risk Ratio (RR)	6.8889	1.6899	28.0829 (T)
Risk Difference (RD%)	37.9928	17.3505	58.6351 (T)

(T=Taylor series; C=Cornfield; M=Mid-P; F=Fisher Exact)

STATISTICAL TESTS	Chi-square 1-tailed p	2-tailed p
Chi-square - uncorrected	11.3756	0.0007453018
Chi-square - Mantel-Haenszel	11.1795	0.0008282226
Chi-square - corrected (Yates)	9.3954	0.0021764147

Mid-p exact	0.0004617609
Fisher exact	0.0008602397

- Tabla #16: Temperatura y Tiempo de Coagulación

Temperatura			
Tiempos de Coagulación	Hipotermia leve	Normotermia	TOTAL
Aumenta	10	17	27
Row	% 37.0	63.0	100.0
Col %	71.4	38.6	46.6
Disminuye	1	4	5
Row	% 20.0	80.0	100.0
Col %	7.1	9.1	8.6
Igual	3	23	26
Row	% 11.5	88.5	100.0
Col %	21.4	52.3	44.8
TOTAL	14	44	58
Row	% 24.1	75.9	100.0
Col %	100.0	100.0	100.0

Fuente: Boletas de recolección de datos

Chi-cuadrado	df	Probabilidad
4.7541	2	0.0928

An expected value is < 5. Chi-square not valid.

VI. DISCUSION Y ANALISIS

El estudio incluye 58 pacientes geriátricos a los que se les realizó el procedimiento resección transuretral de próstata (RTUP), bajo efectos de anestesia regional, la cual por bloqueo a nivel del neuroeje y su redistribución contribuye globalmente en un 80% a la caída de la temperatura observada en las 3 primeras horas de anestesia. Esta técnica anestésica también inhibe el control central de termorregulación que se manifiesta por una tolerancia anormal a la hipotermia pero el efecto mas importante es el bloqueo simpático y motor periférico que impide la vasoconstricción y el temblor compensatorios a excepción de las regiones no bloqueadas (miembros superiores principalmente). De esta población a estudio a 29 pacientes (casos) se les aplico medidas conservadoras para preservar la normotermia (colchones térmicos, calentamiento de soluciones I.V. y evitar el aire acondicionado en sala de operaciones) y a los otros 29 pacientes (control) solo se observo su comportamiento normal tanto pre, trans como postoperatorio.

En el presente estudio, 100% del grupo casos presento normotermia comparada con 31.03% del grupo control, representada por el 15.51% del total de la población a estudio presento hipotermia leve transoperatoriamente, definida como una temperatura corporal entre los 35°C a 32°C, en el cual encontramos a un paciente consciente, aunque con pensamiento lento y torpe, tembloroso con dificultad para la coordinación de los movimientos, disminución de la capacidad de esfuerzo y lentitud del habla. Aparece la apatía. En estos pacientes del grupo control, durante la inducción de hipotermia aumento la Frecuencia Cardiaca (75.86%) y la Presión Arterial (75.86%) como respuesta al frio. Esto resulta en una vasoconstricción termorreguladora intensa principalmente en las derivaciones arteriovenosas localizado en los pies y manos, como un mecanismo homeostático normal diseñado para prevenir una perdida de calor. El temblor corporal estuvo presente en un 96.55%, como se sabe el temblor es una contracción espontanea y asincrónica de los músculos esqueléticos como un esfuerzo para aumentar el índice metabólico basal y puede aumentar la producción calórica del cuerpo, el temblor prolongado causa incomodidad extrema en el paciente aparte que aumenta el índice del metabolismo, la producción de CO₂, aumento del consumo de oxígeno y trabajo del miocardio y disminuye la saturación de oxígeno y las reservas de glicógeno. El potasio disminuyo en un 79.31%, como se sabe durante la hipotermia el potasio se transporta desde el espacio extracelular al intracelular

provocando hipocalcemia. La Glicemia aumento un 93.10%, lo cual es debido a la disminución en la liberación de insulina y a la disminución en la utilización periférica. El Hematocrito aumento un 89.65%, lo cual nos da un indicio de que el paciente esta hemoconcentrado o hipovolemico, por lo cual en estos pacientes la hidratación debe buscar un balance neutro o ligeramente positivo. Estos porcentajes antes descritos cuentan con una probabilidad significativa lo cual nos deduce que la hipotermia leve si afecta dichas variables. Los Tiempos de Coagulación se prolongaron en un 96.55%, durante la hipotermia se reduce la capacidad de coagulación sanguínea en un 10% de lo normal y la función plaquetaria, causando un incremento en el sangrado. A medida que aumenta el frio disminuye la rapidez del flujo sanguíneo causando estancamiento, esto causa un retorno venoso pobre, lo cual puede ocasionar trombosis. Sin embargo este porcentaje posee una probabilidad que no es significativa, por lo cual se puede afirmar que la hipotermia leve no afecta dicha variable.

El resto de la población a estudio representada por un 84.48% (control (40.81%) y casos (59.18%)) permaneció en normotermia, a una temperatura mayor de 35°C, donde podemos encontrar a un paciente con sensación de frio, comienzo de temblor, dificultad para los movimientos y trabajos finos. El paciente es consciente de la situación y se defiende dentro de sus posibilidades. En estos pacientes se pudo observar que la presión arterial y la frecuencia cardiaca permanecieron en sus valores preoperatorios 36.4% y 40.9% respectivamente. El Temblor Corporal estuvo presente en un 34.1%. Los resultados de laboratorio permanecieron inalterados: Hematocrito en un 47.7%, Tiempos de Coagulación 52.3%, Glicemia 45.5% y el Potasio en un 77.3%. Dichas variables cuentan con una probabilidad significativa, lo cual nos indica que la Normotermia causa un efecto protector en dichos pacientes ya que conserva los anteriores indicadores de hipotermia entre los límites normales.

A pesar de no utilizar las medidas anti-hipotermicas en nuestro hospital, nos podemos dar cuenta que comparada con otros estudios realizados en diferentes países contamos con un índice de hipotermia bajo. Por ejemplo en estudios realizados en Barcelona España por Morales García sobre recuperación neurológica y cognitiva en pacientes que ingresan a la URPA (Unidad de Recuperación Posanestésica), reporta que el 60% de estos pacientes presentan hipotermia intraoperatoria, en Colombia estudio realizado por Mario Granados sobre hipotermia intraoperatoria afirma que entre el 30 y el 50% de los pacientes que ingresan a la URPA presentan hipotermia y en el Hospital de la Santa Creu Barcelona

estudios sobre hipotermia intraoperatoria no terapéutica realizado por JMCampo igualmente reporta un 30% de hipotermia intraoperatoria entre otros.

6.1 Conclusiones

- 6.1.1 La hipotermia durante la anestesia regional es un hecho mucho más frecuente de lo que es percibido por la mayoría de anestesiólogos.
- 6.1.2 Los cambios de la composición corporal de los pacientes geriátricos reducen las necesidades metabólicas basales (disminución de la producción corporal de calor y el deterioro simultaneo de la vasoconstricción termorreguladora de mediación autónoma) lo cual es un riesgo especial de hipotermia intraoperatoria inadvertida.
- 6.1.3 La Hipotermia transoperatoria ha sido asociada con efectos adversos en los sistemas respiratorio, circulatorio, nervioso central y función metabólica, hepática, renal y neuromuscular dependiendo del grado de hipotermia.
- 6.1.4 Los métodos de prevención de la hipotermia aspiran reducir el gradiente entre la temperatura central del paciente y su medio ambiente inmediato.
- 6.1.5 En nuestros hospitales hay una incidencia más baja de hipotermia transoperatoria comparada con otros países latinoamericanos debido probablemente a que somos un país tercermundista y nuestros quirófanos no están equipados con el equipo tecnológico perfeccionado del aire acondicionado.

6.2 Recomendaciones

- 6.2.1 Se recomienda a los anestesiólogos ponerle más atención a los cambios fisiológicos, psicológicos y enfermedades de este grupo de pacientes para estar en la situación de brindarles un cuidado profesional adecuado y con ello minimizar las complicaciones transoperatorias.
- 6.2.2 Evitar tratar con fármacos el temblor, ya que esto impide su función termogénica.
- 6.2.3 Durante el transoperatorio se debe de monitorizar la temperatura cada 15 minutos y en la recuperación de anestesia se debe de tener el registro de la temperatura antes de dar de alta al paciente para evitar efectos adversos de la hipotermia; la hipotermia intraoperatoria debe minimizarse, realizando un precalentamiento previo (calentamiento cutáneo activo y utilización de soluciones intravenosas calientes), así como tomar medidas transoperatorias como calentamiento pasivo (cubrir la superficie corporal expuesta y mantener la temperatura ambiente alrededor de 20-21°C) y calentamiento activo (utilizar colchones o mantas térmicas, lámparas infrarrojas y calentamiento de los fluidos para utilizar por vía intravenosa o para irrigación de cavidades corporales).

VII. REFERENCIAS

1. Fitzgerald E., Kneeder J., Moss C., Naiman H., Pfister J. Hipotermia y Manejo de la Temperatura. Editorial Alta Especialidad pp. 5-38.
2. Barash P., Cullen B., Stoelting R. Anestesia Clínica. 3era edición, Volumen I Editorial McGraw-Hill Interamericana; México, D.F; 1997.
3. Collins, Vincent. Anestesia general y regional. Hipotermia e Hipertermia corporal total, deliberadas y controladas 3era edición Vol. 2; Editorial McGraw-Hill. México, D.F.. 1996. pp.1115-1123.
4. Miller, Ronald. Anestesia. Editorial Elsevier. 6ta. edición. Volumen 1. Madrid, España. 2005.
5. Sessler, D. Hipotermia Leve En: Roizen M., Fleisher L. La Práctica de la Anestesia. Editorial Mc Graw- Hill Interamericana, México D.F. pp.188.
6. Yang, J. Vigilancia y Trastornos de la Temperatura. En: Duke J., Rosenmberg S. Secretos de la Anestesia. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. México D.F. 1999. pp. 273-277.
7. Danzl D., Hipotermia y Congelación En: Braunwald E., Fauci A., Kasper D., Hauser, S., Longo Dan, Jameson L. Harrison- Principios de Medicina Interna. 15 edición. Volumen I. Editorial Mc Graw-Hill México, D.F. 2001. pp..129-133.
8. Baptista, William. Montevideo. Hipotermia Perioperatoria. Hospital Dr. Manuel Quintela. Marzo 2007.

9. Campos J, Zaballos, J. Hipotermia Intraoperatoria no terapéutica: causas, complicaciones, prevención y tratamiento. (Primera Parte) Revista Española Anestesiología. Reanimación. Vol. 50, Núm. 3, 2 003.
10. Campos J, Zaballos, J. Hipotermia Intraoperatoria no terapéutica: causas, complicaciones, prevención y tratamiento. (Segunda Parte) Revista Española Anestesiología Reanimación 2003; 50: 197-208
11. Granados, Mario. Hipotermia Intraoperatoria. Revista Colombiana Anestesia 25: 175; 1998.
12. Nadador V., Huerta S., Martín M., Fernandez J., Ruiz M., López A. Control de Hipotermia Intraoperatoria Mediante Calentamiento por Convección. Hospital Universitario Príncipe de Asturias, Madrid.
13. Bultrago J., Grisales S., Reyes G., Restrepo O. Factores de Riesgo de Hipotermia Transoperatoria. Revista Colombiana Anestesia 24:257, 1996.
14. Buggy D.J., Crossley A.W. Thermoregulation Mild Operative. British Journal of Anaesthesia 84 (5):615-28 (2000).
15. Rein E.B., Filtvedt M., Walloe L., Raeder J.C. Hypothermia during laparotomy. British journal of Anaesthesia 98 (3): 331-6 (2007).
16. García L., Colín V., Luna P., Turner M., Cordero D. Flores E. Control de la hipotermia transanestésica por medios físicos. An Med Asoc Med Hosp ABC 1996; 41(2) : 56-59.
17. Ortiz L., Méndez R.M., Gago V., Vázquez P. ,Rubio A.B. Repercusión de la hipotermia en cirugía Laparoscopica. Hospital 12 de Octubre Madrid.
18. Baptista William. Hipotermia Perioperatoria. Facultad de Medicina, Universidad de la República. Departamento de Anestesiología. Montevideo. Marzo 2007.

19. Guevara, Maria de Pilar. Manejo Anestésico del paciente geriátrico. Revista mexicana de anestesiología Volumen 30, Suplemento 1, abril-junio 2007 S237.
20. American Society of Anesthesiologists. Perioperativ Normothermia. Am J Surg 2001; 122: 13:5
21. Toyota K., Sakura S. , Saito Y. Shido A., Matsukawa T. IM droperidol as premedication attenuates intraoperative hypothermia. Droperidol and Thermoregulation. Canadian Journal of Anesthesia. pp. 854-858.
22. Bristow, G. Accidental hypothermia. Can Anaest Soc J 2004 / 31:3 / pp S52-S55.
23. Morley, Patricia. Unintentional hypothermia in the operating room. Department of Anaesthesia, University of Toronto, Toronto General Hospital, 200 Elizabeth Street, M5G 1L7 Toronto. Can Anaesth Soc J 2006 / 33.4/ pp 515-28.
24. Higuchi A., Takebayashi T. Covering the head and race maintains intraoperative core temperature. Department of Anesthesia, Toyama Prefectural Central Hospital, 2-2-78 Nishinagae, Toyama city, 930-8550 Toyama, Japan. Abril 1999.
25. Vallongo M., Cordoví L., Lopez M., Fernandez S., Ramirez M. Influencia del pesocorporal en la perdida de calor intraoperatoria. Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación.
26. Kliegel A, Losert H, Sterz F, Kliegel M, Holzer M, Uray T, Domanovits H. Cold simple intravenous infusions preceding special endovascular cooling for faster induction of mild hypothermia after cardiac arrest--a feasibility study. Resuscitation. 2005 Mar;64(3):347- 51.
27. Montejo JC., García A., Ortiz L. Clasificación de la Hipotermia. Diccionario Mosby. Editorial Elsevier. 2004. pp 409-413.

28. Ortiz, Samuel. Frecuencia y grado de hipotermia intraoperatoria en el servicio de anestesiología, HEODRA período 2003 – 2006. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias Médicas UNAN-LEON. Marzo 2006.
29. Biazotto C., Brudniewski M., Schmidt A., Otávio J., Auler C. Hipotermia Período No Operatorio. Revista Brasileira de Anestesiologia Vol. 56, Nº 1, 56-66 Enero – Febrero, 2006.
30. Rajagopalan S., Mascha E., Na J., Sessler D. The Effects of Mild Perioperative Hypothermia on Blood Loss and Transfusion Requirement. The American Society of Anesthesiologists Anesthesiology 2008; 108:71–7.
31. Bijker J., Klei W., Kappen T., Wolfswinkel L., Moon K, Kalkman C. Perioperative Complications. Department of Perioperative Care and Emergency Medicine University Medical Center Utrecht, Utrecht, The Netherlands. (Anesthesiology, 107:213–220, 2007)

VIII. ANEXOS

- Anexo #1: **Clasificación de Hipotermia.**

Sin Hipotermia	37 - 35° C	Sensación de frío, comienzo de temblor, dificultad para los movimientos y trabajos finos (especialmente de los dedos). El sujeto es consciente de la situación y se defiende dentro de sus posibilidades.
Hipotermia I Leve	35 - 32°C	Consciente aunque con el pensamiento lento y torpe, temblor, dificultad para la coordinación de los movimientos, marcha lenta e inestable, disminución de la capacidad de esfuerzo, dificultad o imposibilidad para la habilidad manual, lentitud del habla. Aparece la apatía. Disminución de la sensación de peligro. Empieza la dificultad para cuidar de si mismo.
Hipotermia II Moderada	32 - 28° C	Obnubilación o semiinconsciencia, desaparición del temblor, incoherencia, incapacidad tomar decisiones. El sujeto no sobrevive sin ayuda.
Hipotermia III Grave	28 - 24° C	Inconsciencia, latidos cardiacos y movimientos respiratorios son lentos o inaudibles, rigidez de las extremidades. Dilatación de las pupilas. Muerte aparente.
Hipotermia IV	24 - 13° C	Muerte aparente. Pupilas dilatadas. Rigidez de extremidades, tórax y abdomen. Muerte

Muy grave		en la mayor parte de los casos. Sobreviven algunos sujetos si es posible trasladarlos en poco tiempo a un hospital bien equipado.
Hipotermia V	< 13- 9° C	Hipotermia irreversible incluso en el hospital mejor equipado.

- Anexo # 2: **Boleta de Recolección de Datos**

Fecha:

Nombre del paciente:

Afiliación:

Edad:

Peso:

Talla:

IMC:

Factores de Riesgo para Hipotermia Transoperatoria

Factores	Si	No
Ayuno > 8 horas		
Exposición Piel		
Temperatura del Ambiente (<21°C)		
Infusión de Fluidos a temperatura ambiente		

Monitorización

	Preoperatorio	Transoperatorio	Postoperatorio
Temperatura Central Auditiva			
Frecuencia Cardíaca			
Presión Arterial			
Temblores Corporales			

Efectos Adversos Postoperatorios

	Preoperatorio	Postoperatorio	Modificaciones (↑↓)
Hematocrito			
Tiempos de Coagulación			
Potasio			
Glicemia			

Uso de Estrategias Preventivas para Hipotermia

Si

No

- Anexo # 3: **Consentimiento Informado**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL
POSTGRADO DE ANESTESIOLOGIA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

La siguiente boleta de recolección de datos es parte de una investigación de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala sobre: FACTORES PROTECTORES Y DE RIESGO PARA HIPOTERMIA TRANSOPERATORIA EN PACIENTES GERIÁTRICOS EN EL HOSPITAL GENERAL DE ENFERMEDAD COMUN (IGSS). Estudio que será realizado por médicos residentes de anestesiología. La información que usted proporcione será estrictamente confidencial. Los resultados obtenidos se darán a conocer a las autoridades de la Facultad de Ciencias Médicas y del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. La participación en el siguiente estudio es voluntaria.

En consecuencia doy mi consentimiento para que se me incluya en dicho estudio, habiéndome explicado con anterioridad los objetivos y la importancia del mismo y sabiendo que lo anterior no afectará mi atención en dicho centro asistencial.

Nombre:

Cédula de Vecindad:

Firma o huella digital:

PERMISO DEL AUTOR PARA COPIAR EL TRABAJO

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier otro medio la tesis titulada: "FACTORES PROTECTORES Y DE RIESGO PARA HIPOTERMIA TRANSOPERATORIA EN PACIENTES GERIATRICOS" para propósitos de consulta académica. Sin embargo, quedan reservados los derechos de autor que confiere la ley, cuando sea cualquier otro motivo diferente al que se señala lo que conduzca a su reproducción o comercialización total o parcial.