

*CIRCUITOS ANESTESICOS EN PEDIATRIA

**DR. MICHAEL SMITH

RESUMEN

Durante la anestesia general la ventilación adecuada es muy importante en sus dos aspectos esenciales: suministrar oxígeno y eliminar dióxido de carbono. No existe el circuito anestésico perfecto y tampoco son iguales para los adultos que para los niños pequeños por sus diferencias anatómicas y fisiológicas. En esta comunicación se analizan los aspectos necesarios para seleccionar y hacer adecuadamente los circuitos respiratorios anestésicos en niños. Se anota la clasificación y los tres principales grupos en que se dividen y se estudian las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

En la segunda parte del trabajo se hacen consideraciones acerca del control por monitor en niños con anestesia general. Se analizan las conveniencias de su uso y se trata según los sistemas respiratorio, cardiovascular y neuromuscular así como cuando existen pérdidas sanguíneas y se quiere hacer el cálculo del balance e índices metabólicos. Finalmente se hace referencia a la electroencefalografía y al control por monitor de la función cerebral.

SUMMARY

Adequate ventilation during general anaesthesia shows a great significance in two essential aspects: to furnish oxygen and eliminate carbon dioxide. There is not a perfect anaesthetical circuit and neither it is the same when applied to adults or when applied to children, due to their anatomic and physiologic differences. This paper analyzes the necessary factors to select and adequately build up the anaesthetical respiratory circuits in the case of children. A classification and the three main groups in which they are divided are hereby listed, with a study of advantages and disadvantages of each.

The second part of this study includes considerations regarding the monitored control of children subject to general anaesthesia. The convenience of its use is analyzed and it is discussed in regard to respiratory, cardiovascular and neuromuscular systems, as well as blood loss cases, and also when a balance calculation and metabolic indexes are desired. Finally, reference is made to electroencephalography and to the monitored control of the brain function.

EN este trabajo quiero reflexionar acerca de la selección y del uso adecuado de los circuitos respiratorios anestésicos para niños.

Todos los anestesiólogos están de acuerdo en que la prioridad mayor para el cuidado de to-

dos los pacientes con anestesia general es el suministro de ventilación adecuada con concentraciones predecibles de agentes anestésicos. Es importante recordar que la ventilación tiene dos aspectos esenciales: uno es el aporte

* Conferencia presentada en el Curso Anual de Actualización en Anestesia 1981, que no apareció en las memorias del Curso.

** The Hospital for Sick Children. Toronto, Ontario, Canadá.

de un suministro de oxígeno disponible y el otro, igualmente importante, es la eliminación de bióxido de carbono fuera del paciente y del mismo circuito. La gran variedad de circuitos anestésicos que han aparecido y desaparecido, indica que en todos ellos hay deficiencias. Todavía en la actualidad no existe el circuito anestésico perfecto. Cada uno es susceptible de mal uso con desventajas para el paciente. Afortunadamente, pero falsamente confiable, la mayoría de los pacientes con anestesia general a pesar de las alteraciones de los mecanismos reguladores, aún son capaces de compensar estos defectos y sobrevivir a la experiencia. Con el fin de reducir estos riesgos, en muchos centros la tendencia es dejar a un lado los circuitos complicados, con partes móviles y usar circuitos más sencillos con menos fallas mecánicas probables.

Aun cuando los circuitos para niños y para adultos son iguales en muchos aspectos, los niños pequeños y los recién nacidos son muy diferentes y no son simplemente "muy pequeños adultos" y sus requerimientos merecen consideraciones especiales.

Los recién nacidos tienen la cabeza relativamente grande, lengua larga con mandíbulas pequeñas y su laringe es más superior y anterior. La mayoría son de respiración nasal obligatoria. Sus volúmenes pulmonares estáticos son semejantes a los del adulto, pero las paredes torácicas tienen compliance grande con fuerzas expansoras muy pequeñas y dependen de la respiración diafragmática. Su tasa metabólica y el consumo de oxígeno es el doble del de los adultos. El aumento requerido en la ventilación alveolar se efectúa mediante el aumento de la frecuencia respiratoria, lo que implica que reaccionarán más rápidamente a los cambios de los agentes anestésicos y se deteriorarán muy rápidamente si la ventilación o la concentración normal de oxígeno están comprometidas. Son mucho más vulnerables a la pérdida de calor a causa de su área superficial relativamente grande en relación con la masa corporal. Los circuitos para niños deben ser, por tanto, compactos, livianos y tener poca resistencia al flujo gaseoso, especialmente para la respiración espontánea. Deben ser diseñados con mínimo espacio muerto y usados para prevenir la reinhalación del gas alveolar. La ventaja de calentar y humedecer los gases frescos es muy importante en los pacientes pequeños.

Antes de discutir los circuitos para niños, unas breves palabras acerca de las máquinas anestésicas. Un principio general importante es procurar que su máquina sea lo más sencilla posible. No debe haber confusión en los fluó-

metros y la llave del oxígeno debe estar señalada (*touch*). Debe haber un mecanismo de seguridad de falla de oxígeno, como en el "dial de mezclador monitorizado" o disponer de un analizador de oxígeno con alarma para el gas fresco. La llave de flujo grueso de oxígeno (*flush*) debe estar protegida para prevenir su uso inadvertido y además una válvula para eliminar alta presión (*Norrey*) debe estar en línea para proteger al paciente del daño pulmonar por presión alta.

La clasificación de los circuitos anestésicos puede ser muy confusa. Podemos dividirlos en tres grupos funcionales:

1. Los que tienen válvulas de no reinhalación.
2. Los que usan absorbedores de bióxido de carbono.
3. El sistema de la pieza en T.

1. Circuitos con válvulas de no reinhalación

Todos estos circuitos tienen una válvula de no reinhalación que dirige los gases frescos hacia el paciente y descarga los gases exhalados hacia la atmósfera. Las válvulas más usadas son las diseñadas por Finck, Frumin, Lewis, Leigh, Ruben, Stephen-Slater. Varias pueden ser usadas tanto para la ventilación espontánea como para la controlada. El flujo de los gases frescos se aproxima a los volúmenes-minuto del paciente, usando una bolsa proximal en el circuito. Este flujo, prácticamente es perfecto para niños pequeños, pero más bien es excesivo para adolescentes y adultos.

La ventaja de los flujos con pocos gases frescos, pequeño espacio muerto y la eliminación de la reinhalación de los gases espirados, conservó el entusiasmo para estos circuitos en pediatría. Sin embargo, actualmente ya no son tan populares por las razones siguientes: las válvulas, cuando se humedecen por la condensación, pueden funcionar mal y exponer los pulmones a presiones altas; son voluminosas, difíciles de limpiar y tienen como resultado considerable pérdida de calor y de humedad. La válvula de no reinhalación elimina difícilmente los gases exhalados y no tiene, realmente, ventajas sobre la pieza en T en los niños pequeños.

2. Circuitos con absorbedor de bióxido de carbono

a) Sistemas de va y ven (*to and fro*).

Este sistema fue introducido por Waters en 1923. Tiene algunas ventajas por su sencillez, hechura, poca resistencia y bajo flujo de gases frescos por la reinhalación parcial. No obstante, en la práctica actualmente ya no

se usa. El recipiente (*cannister*) es pesado, voluminoso y está cerca de la cara, haciendo difícil su manejo con mascarilla y puede invadir el campo quirúrgico. El absorbedor de CO₂ debe ser cambiado frecuentemente y por su proximidad a las vías aéreas puede originar aumento de la temperatura del paciente.

b) Sistema circular.

El circuito semicerrado con absorbedor de CO₂ es uno de los circuitos más eficientes en la actualidad. Su funcionamiento adecuado depende de la disposición de sus componentes (pieza en Y, válvulas unidireccionales, entrada de los gases frescos, absorbedor del CO₂, válvula de escape, bolsa y tubos). La eficiencia del circuito estriba en su poco requerimiento de flujo de los gases frescos, la conservación de calor y humedad y la estabilidad de la profundidad anestésica.

Los circuitos para adultos pueden ser usados sin dificultad en niños de más de 25 Kg. de peso. El espacio muerto de la pieza en Y puede ser reducido añadiendo un tabique para separar los gases inspirados de los espirados. Se han diseñado circuitos pediátricos especiales para infantes (los circuitos pediátricos de Bloomquist y Ohio) pero la resistencia al flujo de los gases, generada por las válvulas, el absorbedor y la válvula de escape está elevada medianamente, en especial cuando la frecuencia respiratoria es rápida en niños con respiración espontánea.

El absorbedor de CO₂ contribuye en forma significativa al humedecimiento y calentamiento de los gases inspirados. Chalon ha demostrado que una humedad inicial del 30 por ciento aumenta hasta el 61 por ciento a los 90 minutos con cinco litros por minuto de gas fresco o 93 por ciento si el flujo de gas fresco es de 500 mililitros por minuto. Hay algún desacuerdo respecto a la temperatura de los gases inspirados. Clark dice que en la rama inspiratoria alcanza 30 a 32 grados centígrados después de 40 minutos, pero si el tubo es largo, la temperatura se aproxima con más probabilidad a la de la habitación.

Las desventajas del circuito incluyen la complicada disposición de sus componentes, algunos de los cuales pueden funcionar mal, la resistencia aumentada del circuito, dificultad para la limpieza y esterilización y la voluminosa disposición de las dos ramas de la pieza en Y.

c) Sistema de pieza en T.

La pieza en T original fue introducida en 1937 por Ayres. Jakson-Rees la modificó para ventilación controlada en 1950 y Bain introdujo un sistema coaxial en 1972. Las dos variantes en uso frecuente ahora son el circuito Mapleson

A o circuito Magill y el circuito Mapleson D o Jakson-Rees (Bain). Ambos se basan en el flujo de gas fresco para dar salida al gas alveolar del circuito, pero la diferente disposición de los componentes las hace funcionar de manera muy diferente.

I) Mapleson A (Magill)

De los sistemas con pieza en T, el circuito Magill es el más eficiente en la ventilación espontánea. La reinhalación del gas espirado se evita cuando el flujo de gas fresco es más del 70 al 100 por ciento del volumen minuto. El gas alveolar del circuito es lavado en la válvula de escape por el avance del gas fresco una vez que la bolsa se llena nuevamente. La desventaja mayor de este circuito es que no puede usarse con seguridad para la ventilación controlada, excepto si se usa con flujo de gas fresco irracionalmente alto (en los adultos excede a los 20 l./min.) La válvula de escape puede estar inaccesible para los ajustes durante la cirugía y las voluminosas válvulas eliminadoras son estorbosas y pueden aumentar mucho el espacio muerto en niños pequeños.

II) Mapleson D (Jakson-Rees, Bain).

Este es el circuito más popular para uso en anestesia pediátrica. es el más eficiente de los sistemas con pieza en T para la ventilación controlada y en esta modalidad puede ser adaptado virtualmente para todos los pacientes, incluso adultos. No tiene partes móviles, tiene poca resistencia al flujo, sus componentes son simples y fácilmente aseables. Los gases inspirados pueden ser calentados y humedecidos y los gases espirados pueden ser barridos fácilmente. La desventaja mayor es que los flujos de gas fresco necesarios para evitar la reinhalación durante la ventilación espontánea son grandes, especialmente en niños mayores y en adultos. La introducción de la modificación de Bain a la pieza en T, en 1972, motivó la ejecución de gran cantidad de trabajos para investigar la cantidad de flujo necesaria para evitar la reinhalación del gas alveolar. El gas fresco, entrando a la pieza en T a razón constante, se mezcla con el gas alveolar durante la espiración y entonces lava la rama espiratoria durante el final de la pausa espiratoria. La forma real de la onda de respiración, la frecuencia respiratoria y la longitud de la pausa espiratoria son muy diferentes en la respiración espontánea y la controlada y cuentan para las tasas de flujos aumentados de gases frescos necesarios para prevenir la reinhalación en los pacientes con respiración espontánea. El trabajo hecho por Roese y Froese ha determinado los valores teóricos del flujo de gases frescos que se siguen ahora en nuestro hospital.

VENTILACION MECANICA (respiración controlada)

FGF para Pa CO₂ 37FGF para Pa CO₂ 30

10 a 30 Kg.
> 30 Kg.

K1000 ml./min. + 100 ml./Kg.
2000 ml./min. + 50 ml./Kg.

1600 ml./min. + 100 ml./Kg.
3200 ml./min. + 50 ml./Kg.

Calcular FGF (flujo de gases frescos) con la fórmula:

ajustar ventilación por lo menos 2 × FGF

< 10 Kg. — uso FGF 6 l./min. — PaCO₂ determinada sólo por ventilación.

VENTILACION ESPONTANEA (no reinhalación)

INTUBADO — ajustar FGF 3 × FORMULA BASICA

MASCARILLA — ajustar FGF 4 × FORMULA BASICA

Estos valores para la ventilación controlada, concuerdan con los de otros grupos (Bain, Spoerel, Conway). Los de la ventilación espontánea son mucho mayores. El punto importante que hay que hacer notar es que estos valores para la tasa del flujo de gases frescos elimina completamente la reinhalación del gas alveolar. Fueron derivados de la recomendación original de que el flujo de gases frescos sea 2.5 a 3 veces el volumen minuto. Si se usa una tasa de flujo de gas fresco menor que ésta, el paciente reinhalará algo del gas alveolar y debe aumentar su volumen minuto para conservar la PaCO₂ normal. La mayoría de los pacientes son capaces de compensar bastante bien, pero están disminuyendo considerablemente el margen de seguridad del anestésico.

Cuando hay enfermedad pulmonar, cardíaca o metabólica coexistente, tal compensación puede no ser adecuada y aparecer problemas muy graves por el aumento de la PaCO₂. La posible reinhalación del gas alveolar, como ha sido determinada por la tasa del flujo de gas fresco, puede llegar a ser otro riesgo que debe ser evaluado para la selección del anestésico. Afortunadamente la mayoría de los pacientes sobreviven a este riesgo, pero no debe pasar ignorado.

Humectación de los gases inspirados

Los pacientes pediátricos pequeños son extremadamente vulnerables a las pérdidas de calor por radiación y evaporación de agua. Los gases fríos y secos provenientes de la máquina anestésica aumentarán esta pérdida de calor e interferirán la acción ciliar de la mucosa bronquial. La conveniencia de calentar y humedecer los gases frescos es obvia, en especial en los recién nacidos sometidos a cirugía mayor. Los gases deben ser pasados a través de la antigua botella de Boyle llena de agua, un humectante

de cascada o una unidad controlada con termostato puesta en línea.

Lavado de los gases espirados

El lavado de los gases espirados se está convirtiendo en un aspecto muy importante para la selección de los circuitos anestésicos. El sistema circular y en T está disponible en el comercio, pero los sistemas para el lavado de gases, sencillos "hechos en casa" pueden ser muy eficaces.

Recomendaciones generales

1. Todos los pacientes pediátricos con ventilación controlada pueden ser tratados adecuadamente con sistema Mapleson "D" pieza en T tanto el Jackson-Rees como la modificación Bain.

2. Los niños menores de 30 Kg, con respiración espontánea, se tratan mejor con el circuito Magill o el Mapleson "D" pieza en T con flujo adecuado de gases frescos.

3. Niños mayores de 30 Kg, con respiración espontánea, se tratan mejor con un circuito semicerrado con absorbedor de CO₂.

CONTROL POR MONITOR PARA NIÑOS.
CONSIDERACIONES BASICAS

El control por monitor de los pacientes que están con anestesia general, es como manejar un automóvil con los ojos abiertos. Los riesgos son obvios y la alternativa es indiscutible. Precaución y juicio son esenciales para la práctica segura de la anestesia como fue anotado por John Snow, quien en 1874 escribió: "El punto que requiere la mayor destreza y el mayor cuidado durante la administración de los vapores de éter es indudablemente, saber cuándo ésta se ha llevado demasiado lejos". La información necesaria para tomar nuestras muchas

decisiones clínicas, sólo puede ser proporcionada por la observación constante de la reacción de nuestros pacientes al tratamiento anestésico y quirúrgico.

Los progresos tecnológicos respecto al control por monitor, han producido un supermercado confuso de máquinas complicadas, tan fascinantes en sí mismas como para distraer la atención y aun quitarla del paciente. Confiar en estos inventos puede proporcionar considerable ventaja y conveniencia, pero nunca reemplazarán completamente a nuestros propios ojos, oídos y a un dedo sobre el pulso.

Una revisión de los accidentes anestésicos desgraciados, previsible, realizada por Cooper et al. en 1978, demostró que el 80 por ciento de estos accidentes era prevenible, involucraba error humano, como desconexión del circuito respiratorio, cambios inadvertidos en el flujo de gases o errores en las jeringas cargadas con drogas. La falla manifiesta del equipo pudo imputarse solamente en 14 por ciento de los incidentes. El 42 por ciento de ellos ocurrió en medio del tiempo al procedimiento, durante el periodo "tranquilo", cuando la atención del anestésista ha disminuido, presumiendo que los peligros de la inducción han pasado con toda seguridad. Otra ironía es que la mayoría de las tragedias ocurre en el paciente preparado para cirugía menor.

Esta comunicación trata acerca del control por monitor del paciente pediátrico, pero por las estadísticas mencionadas, es lógico que la seguridad del paciente depende también del control de nuestro equipo y monitores y siempre y más importante, de la valoración de nuestra actuación en la sala de operaciones y de la calidad de nuestros anestésicos.

Los pacientes pediátricos requieren el mismo control que los adultos, no obstante, diferencias en la fisiología obligan a algunos cambios y su tamaño, pequeño, es motivo de algunas dificultades técnicas. Probablemente es más útil organizar esta comunicación tratando los sistemas orgánicos mayores y luego resumir con unos comentarios acerca de las recomendaciones generales.

I. Sistema respiratorio

Además de pequeñas, las vías aéreas superiores del infante son diferentes de las del adulto. La cabeza y la lengua son relativamente grandes y la laringe es más alta y anterior. El lugar más estrecho de la vía aérea es el anillo cartilaginoso cricoideo. La tráquea es corta en el neonato (4.0 a 4.5 cm.) y el tronco bronquial principal se bifurca a partir de la tráquea en ángulos iguales de 45 grados. El control de la ventilación es semejante al del adulto, pero la tasa

metabólica mayor del infante requiere un aumento en la ventilación alveolar, efectuado por una frecuencia respiratoria rápida. Los volúmenes de oclusión son grandes en la infancia y debido a que la capacidad funcional residual (FRC) disminuye con la anestesia, se requiere una concentración de oxígeno aumentada. La compliance de la pared torácica es grande, con fuerzas de expansión pequeñas. La resistencia de la vía aérea es mucho más grande en los infantes y cualquier obstrucción nasal o edema subglótico puede inducir la obstrucción grave de la vía aérea.

El control por monitor inicial de todos los pacientes empezaría con la valoración preoperatoria. Los niños sólo con poca frecuencia tienen enfermedad pulmonar, pero la aparición de ésta ciertamente debería ser reconocida clínicamente.

El plan general para el control respiratorio transoperatorio es evaluar el suministro de oxígeno por la máquina, la permeabilidad de la vía aérea y lo adecuado de la ventilación. Todas las máquinas de anestesia deben tener un aditamento de seguridad para la disminución del oxígeno o un analizador de oxígeno con alarma.

El estetoscopio precordial es un monitor invaluable de la respiración. Además de que los ruidos de la respiración, la posición o el escape de un tubo endotraqueal pueden ser escuchados colocando el estetoscopio sobre el lado izquierdo, los sonidos cardíacos pueden ser también escuchados.

Es estetoscopio en combinación con la observación de los movimientos del tórax y el abdomen, la frecuencia respiratoria, la coloración del paciente y de la bolsa, dan una buena valoración de la ventilación en los casos menores.

En los neonatos, es preferible la ventilación controlada manual porque la ventaja de "sentir" la bolsa es muy considerable sobre la ventilación mecánica. Cuando se usa un ventilador en niños jóvenes, una válvula de escape de alta presión y una alarma de desconexión de baja presión deben estar en el circuito. Los infantes pequeños tienen volúmenes corrientes pequeños muy difíciles de medir debido a la compliance dentro del circuito de tubos y porque los respirómetros (Wright, etc.) dan lecturas bajas falsas a bajos volúmenes. La valoración de su ventilación incluye la observación del color, los movimientos del tórax y de las presiones "pico" en las vías aéreas. Usualmente de 20 a 25 centímetros de agua son más que suficiente en la mayoría de los niños. Las gasometrías constituyen la valoración más objetiva de las condiciones ventilatorias. Cuando la

punción arterial no es factible, los gases de los capilares del lóbulo de la oreja pueden dar valores de pH exactos, pero la PO_2 es baja y la PCO_2 alta.

Actualmente, la medición de CO_2 del final del volumen corriente es posible aun en neonatos y dar registro continuo. El carácter arterial a permanencia será discutido más adelante.

Los monitores transcutáneos para oxígeno y CO_2 tienen más aplicación en la unidad de cuidados intensivos que en la sala de operaciones. Factores como la temperatura, la hipovolemia e hipoperfusión, así como la existencia de óxido nítrico y halothano afectan a muchos de los electrodos. Sin embargo, en los casos difíciles, este control por monitor continuo sería muy útil.

II. Sistema cardiovascular

El gasto cardíaco de los neonatos, debido a su tasa metabólica alta, dos a tres veces el del adulto por kilogramo de peso corporal. La resistencia periférica es menor, puesto que la presión sanguínea es bastante baja también. Cualquier depresión en la contractilidad cardíaca (anestesia) rápidamente tiene como consecuencia la disminución de la presión.

El volumen sanguíneo del infante es relativamente grande. Su capacidad para compensar las pérdidas sanguíneas es limitada y los cambios de la presión sistólica manifiestan bastante bien los cambios del volumen sanguíneo circulante y es la guía más exacta para el reemplazo sanguíneo en los infantes. En contraste con el adulto, la hipoxia en el infante se manifiesta por bradicardia y en cualquier disminución del pulso debe presumirse que la hipoxemia es el origen, hay que aumentar el oxígeno y valorar la ventilación.

John Snow escribió aproximadamente hace 100 años "No hay más informativo, digno de confianza ni monitor más obligatorio, que el dedo sobre el pulso". Lo que, junto con el estetoscopio precordial o esofágico son monitores esenciales del sistema cardiovascular. La medición de la presión puede efectuarse por medio de varias técnicas. El manguito debe ser de dos tercios de la longitud del brazo y la presión puede medirse por oscilometría, auscultación o el flujo más allá del manguito. El uso del fluorómetro Doppler para la toma de la presión sistólica, da resultados precisos y confiables aun en neonatos prematuros que pesan menos de 1000 gramos. Es un progreso muy útil en la anestesia para el neonato. La mayor desventaja con el Doppler es que en los pacientes hipovolémicos, que tienen vasoconstricción periférica, la presión se encontrará falsamente baja en comparación con la de la aorta.

El electrocardiograma controla y cuenta sólo la actividad eléctrica del corazón. No es sustituto del monitor del pulso periférico, pero puede ser muy útil e importante cuando anticipadamente se espera que haya disritmias (estrabismo, cirugía cardíaca) y en la actualidad está aceptado como monitor usual para todos, excepto los procedimientos menores y en todos los neonatos. Existen electrodos cutáneos pequeños, especiales para neonatos. Así como en el adulto, la segunda derivación probablemente es la más útil. Entre otros monitores, no invasivos del sistema cardiovascular, se incluye el gasto urinario y la evaluación de la perfusión periférica por medio de la coloración, llenado capilar y la temperatura real de la piel.

El monitor invasivo del sistema cardiovascular involucra un catéter venoso para evaluar las presiones de llenado derecho o izquierdo, gastos cardíacos o un catéter arterial para controlar continuamente la presión y cuantificaciones de gases sanguíneos. En los neonatos o en los infantes jóvenes sin enfermedad cardíaca, la línea auricular derecha puede no ser tan necesaria como en el niño mayor, ya que la presión sistólica varía junto con el volumen sanguíneo. Sin embargo, la medición de los gases venosos puede proporcionar, indirectamente, una guía del gasto cardíaco y de la perfusión. Los catéteres de Swan-Ganz sólo se usan en niños mayores con las mismas indicaciones que para los adultos.

El catéter arterial a permanencia se está convirtiendo en una ayuda muy importante para el control de los niños de todas las edades. En los recién nacidos se pueden tener cateterizadas las arterias umbilicales en los casos graves como hernia diafragmática o en niños mayores de cateterización percutánea se hace antes de cirugía mayor torácica o cardíaca.

La conveniencia del registro continuo de la presión sistólica/diastólica/media puede ser muy valiosa. Las complicaciones, inclusive las cutáneas y la obstrucción temporal de la arteria radial eran más frecuentes en los pacientes menores de cinco años de edad, cuando el vaso era cateterizado por disección y se dejaba durante más de cuatro días.

III. Termorregulación

Los infantes pequeños son vulnerables a la pérdida de calor debido a su área superficial más grande en relación con su masa corporal. Los neonatos no tienen capa de grasa aislante y el control de los vasos sanguíneos superficiales es menos efectivo. No pueden tener escalofrío, pero con la disminución de la temperatura central liberan noradrenalina, la cual estimula

el metabolismo de la "grasa café" para producir calor a expensas de un aumento considerable en el consumo de oxígeno.

Los niños pequeños de menos de diez kilogramos, están por lo general, en riesgo durante la primera hora de cirugía, cuando la diferencia del gradiente es mayor. Las cánulas del Termistor se colocan en el esófago, el recto, la axila y acufados en la nariz. Los métodos para disminuir la pérdida de calor incluyen: calentamiento del ambiente de la sala de 25 grados centígrados, uso de lámparas calientes, cojines calentadores, calentadores de líquidos intravenosos, soluciones previamente calentadas y calentadores y humectantes de los gases frescos del circuito anestésico. Bajo cobijas o luces en la sala de operaciones, la tendencia puede invertirse y los pacientes pequeños desarrollar piroxia mediana.

Es muy importante la detección temprana del síndrome de hiperpirexia maligna, el cual tiene todavía del 50 al 60 por ciento de mortalidad. Afortunadamente es rara.

IV. Unión neuromuscular

Es muy frecuente, aun en el neonato, el uso de agentes bloqueadores neuromusculares para facilitar la ventilación y la relajación quirúrgica. La valoración de la reversión adecuada al final de la intervención es tan importante como en el adulto. Los infantes pequeños no pueden tolerar tanto el bloqueo residual como el adulto para conservar la ventilación.

La gran resistencia de la piel del niño favorece el uso de agujas estériles subcutáneas, por lo general a lo largo del borde cubital del antebrazo.

V. Pérdidas sanguíneas

Como se anotó, la presión sistólica de los infantes jóvenes indica muy exactamente el volumen circulante. Los niños mayores pueden

compensar mejor las pérdidas iniciales hasta que una pérdida crítica ocurre. Pesar a tiempo las gasas, calcular el volumen en el aspirador y las compresas, es importantísimo para adelantarse a la hipovolemia. Una práctica corriente es iniciar el reemplazo sanguíneo cuando la medición de la pérdida es 10 por ciento del volumen. Durante las pérdidas masivas es muy importante evaluar los estudios de la coagulación y la cuenta plaquetaria se vuelve muy importante cada vez que se repone el 50 por ciento del volumen. Las cuantificaciones del valor hematócrito son muy útiles para evaluar el reemplazo de los componentes sanguíneos.

VI. Balance líquido

El reemplazo cuidadoso del déficit de líquido calculado en un paciente con requerimientos progresivos de mantenimiento y pérdidas ulteriores, sirve para conservar el balance fluido óptimo y la homeostasis del sistema cardiovascular.

VII. Indices metabólicos

En las salas de operaciones para cirugía cardíaca existen medios para el control por monitor periódico de electrolitos, calcio, glucosa sanguínea y otros que no son requeridos por sistema. Para los pacientes diabéticos, en la actualidad se cuenta con "chemostrips", reactivos colorantes que son exactos, rápidos, simples y permiten el control de la glucosa sanguínea, que es muy útil en el transoperatorio.

VIII. Varios

La electroencefalografía y el control por monitor de la función cerebral están disponibles y tienen algún uso en los procedimientos de larga duración y de cirugía cardíaca para valorar la perfusión cerebral y la profundidad anestésica.

REFERENCIAS

1. DORSCH AND DORSCH: *Understanding anaesthesia equipment*. Williams and Wilkins, Baltimore. 1975. Pág. 77.
2. STEWARD, D.J.: CREIGHTON, R.E.: *General anaesthesia for minor surgery in healthy children*. Current Problems in Anaesthesia and Critical Care Medicine. Baltimore. 1977. Pág. 329.
3. FROESE, A.B.: *Pediatric circuits*. American Society of Anaesthesiologists Refresher Course Lectures. Boston. 1978. Pág. 161.
4. BAIN, J.A.; SPOEREL, W.E.: *A streamlined anaesthetic system*. Canadian Anaesthetists' Society Journal. 19:426, 1972.
5. KAIN, M.L., ET AL: *Fresh gas economics of the Magill circuit*. Anaesthesiology. 29:984, 1965.
6. ROSE, D.K.; FROESE, A.B.: *The regulation of PaCO₂ during controlled ventilation of children with a T-piece*. Canadian Anaesthetists' Society Journal. 26:104, 1979.
7. ROSE, D.K., ET AL: *Carbon dioxide elimination during spontaneous ventilation with a modified Mapleson "D" system: Studies in a lung model*. Canadian Anaesthetists' Society Journal. 25:353, 1978.
8. BYRICK, R.J.: *Respiratory compensation during spontaneous ventilation with the Bain circuit*. Canadian Anaesthetists' Society Journal. 27:96, 1980.
9. SPOEREL, W.E.: *Rebreathing and carbon dioxide elimination with the Bain circuit*. Canadian Anaesthetists' Society Journal. 27:357, 1980.

10. CONWAY, C.M., ET AL: *Spontaneous ventilation with the Bain anaesthetic system*. British Journal Anaesthesia. 49:1245, 1977.
11. *Monitoring during Anaesthesia*. Edited by Gerson, G.R. International Anaesthesia and Critical Care Medicine. Boston 1977. Pág. 197.
12. COOPR ET AL: *Preventable anesthetic mishaps. A study of human factors*. Anesthesiology. 49:399, 1978.
13. MAC KUNAGING, N.; CHALON, J.: *Humidification of anaesthetic gases for children*. Anaesthesia and Analgesia. 53:399, 1978.
14. SHAPRIO, B.A.: *Evaluation of respiratory function in the perioperative period*. American Society of Anesthesiologists. Refresher Course Lectures. Baltimore 1979. Pág. 12.
15. MC LAUGHLIN, G.W. ET AL: *Indirect measurement of blood pressure in infants utilizing Doppler ultrasound*. Journal of Pediatrics. 79:300, 1971.
16. HARKER, A.M.; SMICHT, R.M.: *Aortic pressure vs Doppler measured peripheral arterial pressure*. Anesthesiology. 38: 184, 1973.
17. MIYASAKA, K. ET AL: *Complications of radial artery lines in the paediatric patient*. Canadian Anaesthetists Society Journal. 23:9, 1976.