

MEDICINA AL DIA

CONSIDERACIONES ANATOMICAS Y FISIOLÓGICAS DEL PACIENTE PEDIATRICO EN ANESTESIA.

Dr. Roberto Ramirez Gómez

Anestesiólogo-Cardiólogo

Hospital del Instituto Dominicano de Seguros Sociales, Dra Armida García.

La Vega, Republica Dominicana.

CONSIDERACIONES ANOTOMICAS Y FISIOLÓGICAS DEL PACIENTE PEDIATRICO EN ANESTESIA

El niño no puede considerarse bajo ninguna circunstancia como un adulto pequeño, y es por lo tanto que hay que conocer las grandes diferencias anatómicas y fisiológicas, las cuales tienen una influencia extraordinaria en las técnicas empleadas a las diferentes edades en anestesia pediátrica. Vamos a dividir al paciente pediátrico en recién nacido, infante y niño propiamente.

SISTEMA RESPIRATORIO

1. ANATOMIA

Vamos a considerar esta desde arriba hacia abajo.

VENTANILLAS NASALES; Son relativamente grandes en el infante, por lo que son del mismo tamaño del anillo cricóideo. De esta forma todo tubo endotraqueal que pase las ventanillas nasales también pasará el anillo cricóideo dentro de la tráquea.

COANAS POSTERIORES: Los bebés respiran de forma casi obligatoria por la nariz, lo que puede ocasionar gran distress en aquel que tenga atresia congénita de coanas. Ese distress puede ser liberado usando una cánula oral de Guedel, pero para permitir que el bebé pueda alimentarse con biberón es necesario la cirugía de las coanas para su normalización.

ESPACIO POST-NASAL: El tejido adenoideo es relativamente grande en el infante, pero esto no interfiere con la intubación transnasal.

BUCHES: Las mejillas bucales las cuales son apropiadas para succionar por el bebé, son grandes y movibles. Esto hay que tenerlo en cuenta al fijar el tubo orotraqueal en su lugar, de otra forma el tubo puede salirse por movimiento en este.

LARINGE: En el bebé la laringe es alta en el cuello, oponiéndose a las vértebras C3-C4; en el adulto se opone a C5. Además está más anterior y vertical en el cuello que

en el adulto y la epiglotis es relativamente larga y a un ángulo de 45 grados al abrir la laringe. Todo esto ocasiona una difícil visualización de esta con el laringoscopio convencional. La epiglotis tiende a colgar, tapando la visión de la glotis, por lo que debe elevarse con un laringoscopio de espátula recta.

En el infante la parte más estrecha de la laringe es el anillo cricóideo, y este viene a ser la parte más estrecha de la laringe. Si se introduce un tubo endotraqueal que ajuste a través del anillo cricóideo no habrá escapes de aire a su alrededor, por eso los tubos endotraqueales con manguitos son innecesarios en los infantes y niños pequeños. En el adulto la parte más estrecha de las vías aéreas es a nivel de las cuerdas vocales. Aquí es necesario usar tubos endotraqueales con manguitos para poder sellar e impedir la salida de aire. Usualmente la edad para el cambio de tubo sin manguito a otro con manguito es la de 10 años. Las indicaciones para succión de la boca y evitar aspiraciones siguen siendo la misma para ambos casos, por lo que la protección de la saliva y vómitos es mandatoria.

TRAQUEA: Esta es corta y relativamente ancha en el infante, y la bifurcación es alta a nivel de T2 contrario al adulto que es nivel de T4. A medida que el niño crece la bifurcación emigra hacia el interior del tórax. Los ángulos formados por la división de los bronquios en el bebé, son de igual forma ó sea, que el tubo endotraqueal puede pasar fácilmente tanto al bronquio derecho como al izquierdo.

BRONQUIOS: En el infante estos tienen menos músculos que en el niño, por lo cual los broncodilatadores no surten efectos en Asma por debajo de la edad de 1 año. Los niños tienen más glándulas en los bronquios mayores que los adultos y más cartílago y tejido conectivo.

ALVEOLOS: el infante nace con el árbol bronquial completo, pero con un número de alveolos relativamente menor. Los nuevos alveolos terminan de formarse a la edad de 8 años, y desde aquí en adelante el aumento en el tamaño pulmonar es principalmente por agrandamiento en los alveolos que ya hay. El neonato tiene 340 alveolos por unidad terminal pulmonar, un total aproximado de 24×10^6 . En los bebés con Hernia Diafragmática hay menos:

TABLA No. 1

PARAMETROS	VALORES NEONATALES	VALORES ADULTOS
Vt. (ml)	20	500
Vt/K asproxim. ml	7	10
Vd/Vt K (% espacio muerto)	0.3	0.3
Volumen minuto (ml/K/min)	220	100
Ventilación alveolar (ml/K/min)	140	60
Ventilación alveolar/área de superficie /L/m ² /min)	2.3	3.3
CRF (ml) Capacidad Residual Funcional	90	2,500
Frecuencia Respiratoria (min)	40	14
Resistencia vías aéreas (Respiración por boca) cm H ₂ O/L/S)	19	
Complianza (ml/cm H ₂ O)	5	200
Complianza específica (relación con CRF) (ml/cm H ₂ O/ml)	0.55	0.55
Volumen de cierre (relacionado con CRF)	CERCA O POR ENCIMA	POR DEBAJO
Diámetro traqueal (mm)	6	15
Longitud traqueal (cm)	4	9

El adulto, sin embargo tiene 3,200 alveolos por unidad terminal pulmonar para un total de 300×10^6 .

El volumen corriente que se necesita es bastante pequeño para ventilación artificial. Hay que tener cuidado en no sobredistender los alveolos durante ventilación artificial.

CAJA TORACICA Y DIAFRAGMA: las costillas son horizontales en el infante en reposo. El diafragma es el músculo principal de la respiración pues la caja torácica no tiene ese movimiento de amplitud que hay en el adulto en la inspiración.

El diafragma por lo tanto juega un papel principal en la respiración del niño, y todo aquello que impida su movimiento causa trastornos severos en la respiración del infante. Parálisis del nervio frénico o distensión abdominal por cualquier causa requieren ventilación artificial.

2. FISILOGIA PULMONAR

GASES ARTERIALES: el neonato normal tiene una acidosis metabólica leve junto a una alkaolosis respiratoria, pero esto no es por mucho tiempo, pues pronto se normalizan estos valores igualándose a los del adulto. Los experimentos para determinar el tamaño pulmonar, complianza y la resistencia de las vías aéreas son trastornados por la carencia de cooperación y la necesidad de anestesia o sedación en el paciente.

Los resultados más exactos se obtienen en el neonato y en los niños mayorcitos y adultos.

CRF (Capacidad Residual Funcional) esta es medida en la posición supina en el infante y niños pequeños, pero en posición sentada en los mayores. Aquí hay discrepancia porque en la posición erecta la CRF es 25% mayor que en la supina.

COMPLIANZA DE LA PARED TORACICA: En el neonato está muy alta, y contribuye poco con la complianza respiratoria total. Esta decrece gradualmente con el aumento de la edad, lo cual es un factor significante.

RESISTENCIA PULMONAR: Esta es confusa de acuerdo con los estudios que se han hecho, debido a la diferencia en los resultados obtenidos en varios estudios, dependiendo si se hizo respirando por la boca o si se hizo respirando por la nariz.

La mayoría de las medidas hechas en infantes han sido a través de la nariz, y en los adultos a través de la boca, de esa forma los resultados para los infantes son más altos. En una respiración normal y de reposo, la resistencia no viene a ser ni más ni menos problema para un infante como para un adulto. Sin embargo, en el infante, las vías aéreas periféricas contribuyen a una mayor resistencia en la entrada de aire que en el adulto, y esto explica porque los niños se ponen tan disneicos cuando tienen alguna enfermedad de las vías aéreas, tal como bronquiolitis.

VOLUMEN CORRIENTE Y ESPACIO MUERTO: puede ser comparado en el infante y el adulto si se relaciona con el peso corporal. El volumen minuto y la ventilación alveolar relacionado con el peso son similares si se relaciona con la superficie corporal.

COMPLIANZA: es muy baja en el infante, pero esto no significa que los pulmones de los infantes sean rígidos. Esto solo significa que ellos son más pequeños, desde que la complianza no es otra cosa que el volumen conseguido por cada cm, de presión, en los pulmones.

FRECUENCIA RESPIRATORIA: esta es mayor en el infante. Esto está relacionado con el pequeño volumen pulmonar, y la ineficiencia relativa de la respiración diafragmática. Esta viene a ser la frecuencia más efectiva y menos costosa en términos de energía requerida para hacer el trabajo de vencer la resistencia y la complianza.

SURFACTANTE: la producción de esto es paralelo al desarrollo alveolar así que es más deficiente en el prematuro, y está bien reducido por la asfíxia perinatal.

El espacio muerto de la máquina de anestesia es bastante significativo en el infante, por lo que debe mantenerse al mínimo durante la respiración espontánea. Se debe obtener un tubo endotraqueal de diámetro ancho y paredes finas que ajuste bien en el anillo cricoideo para así evitar resistencia aumentada y menor flujo de oxígeno en la ventilación artificial. Pero tubos endotraqueales muy finos también pueden acodarse o doblarse muy fácil, así que debe buscarse el adecuado. El manguito en el tubo reduce considerablemente el tamaño de la luz en los niños, por lo que no deben ser usados en los niños, hasta la edad de 10 años en adelante si es posible.

La frecuencia respiratoria y el volumen se deben buscar inteligentemente a través del conocimiento de los parámetros normales. Los bebés con pulmones muy pequeños (ej. Hernia diafragmática) requiere una frecuencia rápida y volúmenes pequeños. La disminución de la complianza requiere un tiempo inspiratorio expiratorio igual y una frecuencia menor que la normal; así los infantes con un aumento en la resistencia de las vías aéreas necesitan una expiración prolongada.

Los pulmones se pueden también ayudar introduciendo la (presión positiva expiratoria final) (PEEP). Al mantenerse la presión expiratoria final por encima de la atmósfera se aumenta la CRF y el diámetro de las vías aéreas. La presión negativa expiratoria final no debe ser usada en niños.

3. TRANSPORTE DE OXÍGENO EN SANGRE DEL RECIEN NACIDO.

El recién nacido tiene un alto valor de la hemoglobina y hay "shunts" de derecha a izquierda a través del foramen oval y conducto arterioso, así como también un aumento en el espacio muerto fisiológico.

La hemoglobina es del tipo fetal en el 80%, la cual se comporta diferente ante el PO_2 ; la saturación del oxígeno es más alta con relación al tipo adulto. Debido a una menor combinación con el 2-3 Difosfoglicerato. (2-3DPG) La disociación de la curva de la hemoglobina y el oxígeno muestra una alta afinidad por el O_2 . De esta forma, a pesar de un PaO_2 más bajo debido a los "shunts", la saturación del oxígeno será alta, siempre y cuando la concentración de H^+ sea normal. El contenido de oxígeno de la sangre del neonato es 16% más alto que en el adulto. La gran afinidad de la hemoglobina fetal por el oxígeno, reduce la habilidad de la sangre de liberar oxígeno a los tejidos. Esto se empeora aun más en alkalosis respiratoria, la cual debe evitarse en la ventilación artificial.

TOXICIDAD POR OXIGENO:

Esto produce dos formas importantes:

A) Fibroplasia Retrolental. Ocurre en el recién nacido prematuro que se expone a altas concentraciones de oxígeno, estando los pulmones en condiciones normales para un intercambio gaseoso normal. Los vasos retinales antes de las 36 semanas de gestación se constriñen en presencia de una tensión de oxígeno aumentada, y luego proliferan causando ceguera. Esto puede ocurrir si la PO_2 arterial es mayor de 150 mm Hg (20KPa) por un período mayor de 4 horas. No existe peligro de esta si el infante está hipoxémico.

b) Daño pulmonar por oxígeno es debido a un efecto directo en los alveolos expuestos a una concentración mayor de un 60% de oxígeno, independientemente de la PO_2 alcanzada.

Los primeros signos de esta enfermedad pueden ser detectados a las 36 horas, y de ahí en adelante el daño es progresivo.

Esta puede ser reversible en algunos casos, al reducirse la concentración de oxígeno inspirada. Los cambios de rayos X y los cambios histopatológicos son similar a los que se producen en el síndrome de distress respiratorio idiopático.

La enfermedad es mas común en los infantes, pero no es exclusiva de ellos debiéndose por lo tanto tener sumo cuidado al administrar oxígeno, por lo que se debe dar la menor concentración posible compatible con la vida.

Cien por ciento de oxígeno puede ser necesitado al principio en algunas enfermedades especialmente el SIDR (Síndrome Idiopático de Distress Respiratorio) para alcanzar una PaO_2 seguro de 50 mm Hg (6.6KPa) pero esta debe de reducirse progresivamente tan pronto la oxigenación mejora

4. LA SANGRE

VOLUMEN SANGUINEO: En el neonato normal el volumen circulatorio puede ser estimado en 85 ml/K de peso. Este valor aumenta a 90 ml/K. en el prematuro.

Infantes y niños pueden tener un volumen sanguíneo de 80 ml/K y los adultos 75 ml/K. Normalmente se permite una caída en el 10% del volumen circulatorio durante el acto quirúrgico para empezar con transfusión sanguínea, a menos que se espere con anticipación de que habrá una pérdida sanguínea superior a esto y se transfunda con anticipación y tempranamente antes o al inicio del acto quirúrgico.

La sangre debe siempre ser calentada antes de transfundirse, y debe recordarse de que 10 ml es una gran cantidad de sangre en el neonato. La administración de calcio no es usualmente necesario, excepto en las transfusiones masivas, pero este puede ser de utilidad en el neonato donde los niveles séricos de calcio son bajos.

Es importante conocer que la caída en el volumen sanguíneo circulatorio causará inevitablemente una baja en la presión arterial en el niño anestesiado. Compensación de esto mediante un aumento de la frecuencia cardíaca es menos probable en el infante. La medida de la presión arterial es por tanto una guía muy útil para una adecuada transfusión.

NIVEL DE HEMOGLOBINA (Hb)

De 18 a 20 gramos por dilitro es el nivel de Hb normal para el neonato, siendo la mayor parte de esta del tipo fetal. Esta policitemia mejora rápidamente a medida que mejora la oxigenación y así la hemoglobina fetal empieza a destruirse. Está totalmente destruida a la edad de 3-6 meses. El examen para la anemia falciforme puede no ser positivo antes de este tiempo, debido a la presencia de hemoglobina fetal. Para la edad de 2 meses la Hb ha caído a 12 G/dL y luego baja a 10 G/dL a la edad de 3 meses.

Después de esa edad la Hb permanece constante hasta la edad de 2 años, y desde ahí aumenta gradualmente a 13-14G/dL en la pubertad, después de esto aumenta algo más siendo en el sexo femenino menor. Si hay además deficiencias nutricionales, este nivel normal es todavía menor, y el suplemento con hierro es necesario.

Anestesia no debe rechazarse en aquellos pacientes infantes con niveles de 9-10 G/dL de Hb, siempre y cuando no haya tenido una pérdida sanguínea aguda. En estos casos no es admisible transfundir el paciente inmediatamente antes de la cirugía. Esto debe hacerse varios días antes, para que el organismo se adapte a esta sangre y todos los elementos de ella esten aptos para hacer su función, lo cual ocurre unos tres días después de la transfusión.

La Cantidad de sangre a transfundirse puede calcularse como sigue: (excluye pérdida de sangre)

Volumen sanguíneo x aumento de Hb requerido
Hb de la sangre transfundida

Ej: Niño de 10K de peso con hemoglobina de 8 G/dL para llevar a 12 G = 4 G por dL.

Volumen total para ser transfundido = $\frac{800 \times 4}{12} = 266 \text{ml}$.

Sangre total, Hb = 12G/dL

Paquetes globulares = 20 G/dL

Niveles de Hb más bajos de 9G/dL puede muy bien ser aceptado en el niño con anemia falciforme o fallo renal; transfundir esos pacientes ocasiona mas riesgos que el nivel bajo en Hb.

En anemia Falciforme debe hacerse exanguíneo trans-fusión para operaciones que envuelvan gran pérdida de sangre, y esta se lleva a cabo en varios estadíos mucho antes del procedimiento.

5. SISTEMA CARDIOVASCULAR

El infante tiene un metabolismo mas alto que el adulto, una resistencia periférica baja, y un tiempo circulatorio rápido, el cual alcanza su pico al final de los 10 años. Esto es importante para comprender la rapidez con que las drogas de inducción deben ser dadas.

El pulso en el infante es rápido, y tiene una amplia cobertura de normalidad contrario al adulto. La mayoría de los ingantes toleran bastante bien una frecuencia cardíaca de 200/min sin peligro de fallo cardíaco.

Bradycardia es menos problema que en los adultos durante anestesia, pero puede resultar de estimulación vagal excesiva como por ejemplo, herniotomía, operación por estrabismo, dosis repetidas de suxametonio, ventilación con halothane, etc. Atropina como premedicación no es necesaria, aunque esta debe darse en la inducción para prevenir tales circunstancias. Arritmias sinusales son comunes en niños mayores y entre los adolescentes (15 - 19 años). Otras arritmias vistas son ritmos nodales, estrasistolos, taquicardia supraventriculares y bloqueos cardíacos. El ECG es diferente en los niños, pero esto no se percibe durante las derivaciones habituales durante anestesia.

Inmediatamente después del nacimiento, la presión arterial de la arteria pulmonar es alta, pero esta cae bastante rápido, tan pronto como los pulmones limpian a expandirse y la resistencia pulmonar disminuye.

Si hay cianosis debido a enfermedades cardíacas congénitas, el transporte de oxígeno estará alterado. Mecanismos compensatorios, como policitemia y acidosis metabólica leve, facilitan un mayor aporte de oxígeno a los tejidos, pero no debe permitirse un aumento moderado o severo de la acidosis.

La tolerancia a Hipoxia es mayor en el neonato e infante que en el niño mayor, pero siempre debe tenerse mucho cuidado durante la anestesia

TABLA No.2
VARIACIONES DE LA FRECUENCIA CARDIACA
CON LA EDAD

EDAD	FRECUENCIA PROMEDIO	VARIACIONES
Nacimiento	140	90-200
6 Meses	130	85-170
1Año	120	75-150
7 Años	100	70-135
14 Años	85	55-120

El gasto cardíaco del recién nacido es el doble que en el adulto cuando se establece en términos de ml/K/min. pero corresponde a un índice cardíaco de 2.5 litros/min.

Presión venosa central es mas baja en el infante que en el adulto.

La presión arterial aumenta con la edad.

TABLA NO. 3
VARIACION DE LA PRESION ARTERIAL
CON LA EDAD

EDAD	T/A
Nacimiento	80/45
1 Año	95/65
7 Años	105/65
14 años	120/70

6. SISTEMA NERVIOSO

En el momento del nacimiento la mielinización del cerebro y de la médula espinal es incompleta, la cual continúa durante los primeros meses de vida.

El cerebro también crece rápido durante el primer año de vida.

Al momento del nacimiento el límite inferior de la médula espinal es a nivel de L3 y no alcanza el nivel normal de L1 hasta la edad de 1 año.

REGULACION DE LA TEMPERATURA

La gran superficie corporal en relación con el peso, junto a la inmadurez del hipotálamo, causa dificultad en la regulación de la temperatura en el neonato. El calor es

producido por el metabolismo, principalmente por oxidación y se pierde por radiación, conducción, convección y evaporación.

Normalmente, una caída en la temperatura tiende a ser compensada por un aumento en el metabolismo debido a liberación de noradrenalina en las grasas marrones (tejido adiposo) especializada en termogénesis en los recién nacidos e infantes pequeños. Esto causa un aumento en el consumo de oxígeno.

Durante la anestesia, los mecanismos fisiológicos de producción y consumo de calor son alterados, y la pérdida de calor o ganancia de este, dependerá de la temperatura del medio ambiente circundante, del aire en movimiento alrededor del niño, de la humedad y del aislamiento.

7. FARMACOLOGIA

En pediatría, la dosis de las drogas debe estar relacionada con el peso y la talla del paciente. El mas conveniente parámetro es el peso, y el anestesiólogo debe siempre tener siempre este dato a mano.

Sin embargo mientras mas pequeño el sujeto, mas grande será su superficie corporal relacionada con el peso, y las dosis de las drogas pueden ser mas exactas al relacionarlas con la superficie corporal.

El nivel de dosis efectiva de las drogas también dependerá de la cantidad relativa tanto extra como intracelular de agua, proteínas séricas, frecuencia de excreción y la sensibilidad relativas.

El recién nacido tiene una gran superficie corporal, así como también un gran volumen extracelular, por lo tanto cuando se estima la dosis basándose en el peso corporal se subestimarà la dosis requerida.

Por otro lado, el neonato tiene el nivel sérico de albumina bajo, y es sensitivo a algunas drogas. Así en anestesia, el uso de dosis basada en el peso corporal prueba ser la mejor práctica.

La unión neuromuscular en el neonato es conocida como que se comporta en forma "Miastenica" así que hay sensibilidad a los relajantes depolarizantes reduciendose de esta forma la dosis inicial en el neonato.

La inmadurez de la barrera hemato-encefálica, viene a relacionarse por la sensibilidad del infante para las drogas opiáceas las cuales son mejor evitadas debajo de los 6. meses La dosis debe ser reducida entre los 6 y los 12 meses.

La captación de las drogas por los pulmones también varía con la edad, y el MAC (Minimun Alveolar Concentración) del Halothane es mas alto en infantes por debajo de los 6 meses, y disminuye con el aumento de la edad 1.08% debajo de los 6 meses, 0.76% a los 30-35 años, y 0-64% en la vejez.

8. SISTEMA RENAL: El riñón es inmaduro al momento del nacimiento y puede haber dificultad relacionada con situaciones estresantes, aunque en condiciones normales funcione bien.

La filtración glomerular es baja en el neonato. La reabsorción de sodio por los tubulos está reducida, así como el manejo de los aminoácidos. Las cargas de sodio deben ser calculadas con cuidado. No hay la respuesta característica de diuresis ante una carga de agua y la

de líquido por mucho tiempo. El conocimiento de los requerimientos diarios de líquido es esencial para los anestesiólogos que manejan pacientes pediátricos. Si el cuidado se extiende en el post-operatorio estos conocimientos deben ser aun mas amplios. Como regla general Dextrosa al 4.3% en 0.18% Cloruro de sodio es una solución razonable durante cirugía.

Debe tenerse cuidado para no producir una sobrecarga de volumen en aquellos pacientes con fallo cardíaco potencial, así como no permitir deshidratación excesiva en los policitémicos.

Los neonatos en la primera semana después del nacimiento, tienen una reducción en los requerimientos de agua, y el volumen adecuado debe ser estimado acorde a esta reducción.

TABLA No.4

Requerimientos de líquidos diarios (ml/k).

Edad en años	ml/k.
0-1	120
1-3	100
3-6	90
> 7	70
Adultos	50

habilidad de concentrar la orina es limitada. Es por eso que la excreción de drogas a través del riñón está limitada en el neonato. Hay una baja retención de bicarbonato, lo cual explica su acidosis metabólica leve. El riñón alcanza su función normal al 2do. año de vida.

El volumen urinario mínimo como aceptable es de 0.5 a 1 ml/K/h.

REEMPLAZO DE LIQUIDOS

La mayoría de los pacientes hace abstinencia de alimentos antes de la anestesia, y algún grado de deshidratación sobreviene inevitablemente. Esto puede ser mayor en el infante, por lo que no se puede prohibir la administración

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Bush GH, Stead AL.. The use of D-tubocurarine in neonatal anesthesia. *British journal of Anaesthesia* 1962: 34, 721.
- Churchill-Davidson HC. Wise RP Neuromuscular Transmission in the Newborn Infant. *Anaesthesiology* 1963: 24,271.
- Davenport HT. Paediatric Anaesthesia. Second edition (1973), London, Heineman.
- Gregory GA., Eger E-J Munson, E.S. The relationship between age and halthane requirements in man. *Anesthesiology* (1969) 30,488.
- Phelan P. Respiratory function en infants. *Anesthesia and intensive care* 1973 1,462.
- Roberts KD, Edwards JM Pediatric Intensive Care. Second Edition 1975 oxford. Blackwell-Scientific Publication.
- Swyer PR, Chapters in care of the critically ill child. Ed. R.S. Jones and J.B. Owen.. 1971