

Hemoglobina en Pediatría:

Tradición o Evidencia, Antecedente Histórico o Necesidad Real

Dr. Enrique Hernández Cortez

Hospital de Alta Especialidad de Gineco Pediatría No. 48

Instituto Mexicano del Seguro Social

León Guanajuato, México

kikinhedz@gmail.com

Resumen

La entrega de oxígeno al tejido es el producto del flujo sanguíneo y el contenido arterial de oxígeno, lo que en forma general está representado por el gasto cardíaco y el oxígeno arterial. La cifra mágica de 10/30, no es el criterio único para la transfusión de sangre o el punto de aceptación de un paciente para ingresarlo a cirugía, también se incluyen otras variables tan importantes como la primera, tipo de cirugía, pérdida de sangre estimada, monitoreo invasivo, edad del paciente, factores que determinan el transporte, entrega y extracción de oxígeno. Las diferencias fisiológicas y hematológicas entre niños y adultos, determinan las diferentes guías de transfusión perioperatoria de sangre en el niño. El umbral para transfundir a un niño lo determina principalmente la edad y las condiciones fisiológicas de cada uno. El niño tiene un mayor consumo de oxígeno, un gasto cardíaco mayor, un volumen de sangre elevado y un hematocrito alto. El miocardio neonatal trabaja al máximo para compensar algunas deficiencias en el transporte de oxígeno por una hemoglobina fetal, que no libera oxígeno fácilmente al tejido periférico, por lo que los valores de hematocrito y de hemoglobina del recién nacido deben de ser mucho más altos. El recién nacido de término muestra valores normales de hemoglobina de entre 14 y 20 g/dL. Varias guías de transfusión sanguínea se han publicado recientemente, basadas en la mejor evidencia, usando como indicadores de transfusión sanguínea un hematocrito menor de 30%, o una pérdida de sangre de más del 15% del volumen sanguíneo estimado. Stehling ha reportado que el 26% de todas las transfusiones sanguíneas en el perioperatorio fueron administradas innecesariamente, mientras que el plasma fresco congelado fue administrado innecesariamente en un 33%. A pesar de décadas de esfuerzo, la práctica de la transfusión de sangre sigue siendo inadecuada en la mayoría de los pacientes. La transfusión de sangre a cualquier edad, no deberá basarse sobre la cifra o dato único de hemoglobina, si no por el contrario, deberá basarse sobre el riesgo del paciente de desarrollar complicaciones por el transporte inadecuado o deficiente de oxígeno. El propósito de esta revisión es analizar las causas y las consecuencias fisiopatológicas, de la anemia perioperatoria, así como reconsiderar las indicaciones propias de la transfusión sanguínea en el niño.

Palabras clave: Hemoglobina, niños, transfusión.

Abstract

Tissue oxygen delivery is the product of blood flow and arterial oxygen content and on the whole the body level is represented by cardiac output and the arterial oxygen. Blood has an oxygen carrying capacity of 1.34 mL of oxygen per gram of hemoglobin. The magic rule 10/30 is no longer the single criteria to suggest a blood transfusion or to accept a patient for surgery, but also the type of surgery and estimated blood loss, including invasive monitoring to determine transport, delivery and oxygen extraction. The physiologic and hematologic differences between adults and children dictate different guidelines regarding perioperative blood transfusion. The threshold to transfuse a child may be altered secondary to these physiologic considerations. Children have higher oxygen consumption and a higher cardiac output to blood volume ratio than adults. The neonatal myocardium operates at maximum level of performance as a baseline. Therefore, the newborn's heart be unable to compensate for a decreased oxygen

carrying capacity by increasing cardiac output. Therefore, the optimal hemoglobin values in the newborn are generally higher than those of older patients. The normal neonate has hemoglobin values from 14 to 20 g/dL. Several transfusion guidelines have been published recently, based on the best available evidence, using as an indicator for blood transfusion a hematocrit less than 30%, or blood loss of 15% of the estimated blood volume. Stehling has reported that 26% of all transfusion in the perioperative setting was given unnecessarily. Fresh frozen plasma was inappropriately administered in 33%. Despite decades of effort, red cell transfusion practice remains erroneous in most patients. The blood cell transfusions should not be dictated by a single hemoglobin trigger, it should be based on the patient's risks to develop complications of inadequate oxygenation. The purpose of this review article is to analyze the causes and pathophysiological consequences of perioperative anemia and blood loss, as well as to reconsider the proper indications for blood transfusion in children

Keywords: Hemoglobin, children, transfusión.

Introducción

La primera información que aparece en la literatura respecto a la cifra de hemoglobina (HB) necesaria para que un paciente recibiera algún tipo de anestesia apareció en 1942, en donde Adams y Lundy recomendaban transfundir a los pacientes antes de cirugía, cuando su HB fuera menor de 10 g/dL. Se adoptó este sofisma como regla universal una HB y un hematocrito (HT) de 10/30, sin mencionar alguna posible explicación o soporte científico por mínimo que fuera.¹ Bajo estas condiciones dicho concepto permaneció incuestionable hasta aproximadamente 1994 en que la Sociedad Americana de Anestesiólogos, estableció por primera vez que el factor más importante para la transfusión de sangre, no debería recaer exclusivamente en la cifra de HB o HT, y mencionaron una serie de factores a considerar, basados en evidencias con soporte científico sobre la administración de sangre y sus componentes.² En los últimos 50 años la anestesiología ha pasado del éter al desflurano, del curare al vecuronio, del estetoscopio al monitoreo invasivo, de los dispositivos o equipos rudimentarios para administrar anestesia a base de esponjas, gasas, conductos de cobre o recipientes de superficie ancha, en donde se inhalaban los vapores del cloroformo, a las máquinas de precisión, con detalles de mecánica, ingeniería y electrónica a base de microprocesadores, para asegurar una cantidad exacta de un gas que sea predecible, a fin de garantizar la seguridad del paciente. En algunas áreas de la anestesiología los avances han sido gigantescos. ¿Pero realmente cuanto hemos cambiado, con respecto a la cifra de HB y HT, necesarios para someter a un paciente a los efectos de la anestesia?, ¿o qué es lo que les estamos legando y enseñando a las nuevas generaciones de anestesiólogos, cuando observan que rechazamos un paciente pre quirúrgico, por tener menos de 10 g/dL de HB?

Definición de anemia

La anemia es la disminución del HT, de la concentración de HB por dL, y de la cantidad de eritrocitos por milímetro cúbico, al compararlos con los valores de referencia de la población normal. En el neonato la anemia se define como una concentración de HB por debajo de los 13 g/dL. La principal función de la HB es el transporte de oxígeno de los pulmones a los capilares periféricos y la entrega de oxígeno final. La anemia puede ser congénita o adquirida, primaria o secundaria a otros padecimientos y en la gran mayoría de

los casos representa solamente un síntoma secundario a otra enfermedad.³

Prevalencia

En México la prevalencia de anemia en embarazadas es del 27.8% contra 20.8% en las no embarazadas. Las regiones de México con mayor tasa de anemia son las áreas rurales del sur del país; 23.2% contra 20.9% para las áreas del norte. Las mujeres de las zonas indígenas son las más afectadas. Varios factores se asocian a sus causas, como son la edad, paridad, hábitos de alimentación, nivel cultural y socioeconómico, etc.⁴

La forma más común de anemia, es debida a una falta de hierro en la dieta. La anemia por deficiencia de hierro se encuentra ampliamente distribuida, presentándose en alrededor del 42% de los niños en países en desarrollo y entre el 10 y 20% de los hombres en África, América del Sur y Asia. La última Encuesta Nacional de Nutrición en México encontró que la prevalencia de anemia en niños menores de 5 años de edad es de 27.7%, pero en niños entre 12 y 23 meses, es hasta de un 50% en algunas zonas bien identificadas en nuestro país. La anemia crónica severa en cualquiera de sus presentaciones, puede disminuir en forma importante el transporte de oxígeno a cualquier parte del cuerpo, pero la alteración más preocupante es el aprendizaje lento o retardado en la niñez, característico de los países en desarrollo. En los menores de cinco años las principales causas son deficiencias de vitaminas y minerales, en una tercera parte de estos niños hay deficiencia de zinc, vitamina A y vitamina C.⁵

Características cardio respiratorias

Es necesario recordar algunas características propias del menor de 3 meses de edad, en especial en el aparato cardiovascular y respiratorio, que nos permiten entender mejor el comportamiento de la HB y su impacto en el neonato relacionado con la oxigenación de la sangre, HB y transporte de oxígeno, y así poder entender por qué la cifra de HB necesaria para recibir a un paciente a quirófano, no puede ser la misma en todas las edades. El corazón neonatal tiene menos fibrillas y mitocondrias que el del adulto, solo el 30% del miocardio es tejido suficientemente contráctil, por lo tanto la fuerza de contracción generada

por el miocardio neonatal es significativamente menor que la generada por la del miocardio adulto. Por esto el corazón del neonato, es menos distensible, su volumen de eyección es relativamente fijo y el gasto cardíaco casi dependiente de la frecuencia cardíaca. Aun cuando el gasto cardíaco es el doble que el del adulto, debido a una mayor tasa metabólica y mayor consumo de oxígeno. Por otro lado tenemos que la inervación simpática del corazón y de la vasculatura periférica es incompleta al nacimiento, la reserva de catecolaminas está disminuida, la inervación parasimpática del corazón está completamente desarrollada al nacimiento y da lugar a un predominio del tono vagal, por lo tanto tiene tendencia a la bradicardia, a la bradipnea y a la hipotermia. El ducto arterio-venoso frecuente en los recién nacidos, y más comúnmente en el prematuro de menos de 1500 gr, constituye un cortocircuito de izquierda a derecha, con sobrecarga del circuito de la pulmonar, y posteriormente sobrecarga del corazón derecho. En el aparato respiratorio encontramos que tiene un riesgo particular de colapso pulmonar e hipoxemia durante el transanestésico. La red alveolar es incompleta al nacimiento, un desarrollo rápido ocurre durante la infancia y termina hasta los 8 años de edad. La relación ventilación minuto capacidad / residual funcional es de 5:1, por ello la reserva de oxígeno es muy pequeña y la rapidez con la que se agotan las reservas de oxígeno y la consecuencia inicial, la cianosis. La pared torácica se deforma fácilmente y tiende a retraerse con la inspiración, es inestable a causa de su alto contenido de cartilago. Los músculos accesorios de la inspiración son ineficaces en los lactantes por la configuración de las costillas horizontales, y se mueven muy poco con la inspiración. La hipoxia sostenida conduce inicialmente a una recuperación de la ventilación basal y después a una depresión ventilatoria. La respiración periódica es un patrón ventilatorio que suele observarse en neonatos, especialmente en los prematuros, y se caracteriza por pausas recurrentes en la ventilación, con duración de 5 a 10 segundos, que alternan con actividad respiratoria normal. La entrega de oxígeno se caracteriza por un consumo de oxígeno del doble que en el adulto, la curva de disociación de la oxihemoglobina se desvía hacia la izquierda, pero dados los valores de HB muy altos a estas edades, proporcionalmente se entrega una cantidad de oxígeno mayor, que en el adulto. El retorno venoso está condicionado a su vez por la contracción auricular, la actividad respiratoria y el tono de las venas. Este último factor es de gran importancia en cuanto al ayuno prolongado y al paciente con deshidratación.⁶

Fisiopatología de la anemia

La anemia crónica es mejor tolerada que la aguda y su sintomatología depende de la causa que le dio origen. Así, una persona puede tolerar niveles tan bajos de HB de menos del 50 %, sin efectos colaterales graves. Conocer los cambios compensatorios de la anemia aguda es esencial. Estos cambios compensatorios pueden ser centrales, regionales, de la microcirculación, o de la curva de disociación de la HB. La anemia normovolémica resulta de una disminución de la viscosidad sanguínea, lo que facilita el retorno venoso aumentando la precarga y disminuyendo la postcarga. La

estimulación simpática secundaria incrementa el inotropismo, aumentando el gasto cardíaco, como un mecanismo compensatorio. En los humanos cuando la concentración de HB disminuye, la entrega de oxígeno permanece inalterada hasta que la concentración de HB disminuye a menos de 7 g/dL. La entrega de oxígeno en el tejido periférico se encuentra en su máximo cuando la concentración de hemoglobina es de 10 g/dL. El incremento en el volumen sistólico (no por taquicardia), y el volumen mayor de eyección, son favorecidos por una menor viscosidad de la sangre y por la disminución de las resistencias periféricas, lo que resulta en un flujo tisular aumentado, compensando así el menor contenido de oxígeno en la sangre. En el paciente no sometido a cirugía, los niveles de HB menores de 7 g/dL producen una debilidad extrema y cansancio fácil. Cuando las cifras de HB son graves de 3 o menos g/dL, hay disnea de esfuerzo y de reposo, con insuficiencia cardíaca progresiva. A nivel regional hay una redistribución del flujo sanguíneo de los órganos no vitales a órganos vitales como el cerebro, corazón y sistema nervioso central, previniendo posibles eventos de hipoxia crítica. El mecanismo compensatorio más importante en el paciente con niveles de HB menores a 7 g/dL, es el aumento en la concentración del ácido 2,3 difosfoglicerato (2,3-DGP) en los eritrocitos, con lo cual la curva de disociación de la hemoglobina se desvía a la derecha y con ello existe una menor afinidad por el oxígeno, pero una mayor entrega del mismo a los tejidos. El corazón por otro lado, y debido a su mayor trabajo desarrolla hipertrofia miocárdica, con respuesta respiratoria, que incluye disminución de los cortocircuitos pulmonares y reducción de la reserva respiratoria. Se incrementa la producción de ácido láctico al generar mayor deuda de oxígeno, esto puede causar hiperventilación en el paciente despierto, la acidosis resulta del inadecuado aporte de oxígeno y la no remoción de productos de desecho, ya que el ácido láctico es un producto del metabolismo anaeróbico, y se acumula en los tejidos y en el sistema vascular.^{7,8}

Anemia fisiológica. Los lactantes experimentan una disminución en los niveles de HB durante las primeras semanas de la vida. La velocidad con la que el nivel de HB declina, varía en relación inversamente proporcional a la edad gestacional. Entre las ocho y las doce semanas de vida extrauterina en los neonatos a término, las concentraciones de hemoglobina fluctúan alrededor de 10 g/dL, sus causas son múltiples, pero el factor más importante es la disminución en la producción de glóbulos rojos maternos, que terminan su vida media natural fetal y el inicio de su propia producción, aunque también contribuye el efecto dilucional secundario al incremento del volumen plasmático. Sin embargo, en el niño sano mayor de tres meses, programado para cirugía con una HB de 10 g/dL, no está indicado su transfusión perioperatoria, tampoco hay evidencias científicas que lo soporten, ya que la anemia leve a moderada no contribuye a la morbimortalidad perioperatoria. Ante esta situación la P50 se incrementa rápidamente aun con valores mayores que la del adulto, permaneciendo alta durante la primera década de la vida. Estos valores están asociados con una HB baja y a un nivel aumentado de ATP y 2-3 DPG. Por esta razón la HB tiene una afinidad más baja por el oxígeno, pero la cantidad que se entrega a los tejidos es mayor, debido a

esto las concentraciones bajas de HB en lactantes y niños son tan eficientes como los niveles normales del adulto en términos de entrega de oxígeno a los tejidos. Evidencias recientes muestran que la anemia, en los menores de treinta días de edad, es un factor de riesgo para desarrollar apnea e hipoxia, principalmente en el infante prematuro.⁹

Anemia y anestesia

Se considera que los seres humanos pueden tolerar concentraciones más bajas de HB y de transporte de oxígeno durante la anestesia, que cuando están despiertos. La pérdida aguda de HB en el paciente pediátrico, es la que más le interesa al anesthesiólogo, ya que es la que ocurre generalmente en quirófano, y por lo tanto, es con la que debe estar familiarizado. La pérdida sanguínea máxima permisible debe ser calculada siempre, antes de cada intervención quirúrgica, generalmente no es mayor del 15 al 20%. Sin embargo, su importancia depende de la edad del niño; en el recién nacido, perder el 10% de su volumen sanguíneo circulante, puede ser suficiente para descompensarlo hemodinámicamente. La pérdida del 15% del volumen sanguíneo total va seguida de una contracción vascular y una redistribución del líquido que transfiere volumen desde el espacio extravascular al intravascular, sin producir alteraciones clínicas. Con pérdida entre el 15 y 30% del volumen sanguíneo, hay una significativa constricción arteriolar que lleva a reducir el rendimiento cardíaco. Casi todos los pacientes experimentan una baja en la presión del pulso, e hipotensión arterial con más del 30% de pérdidas, el organismo hace esfuerzos por mantener un rendimiento cardíaco casi normal para el cerebro, suprarrenales y en general a todos los órganos ricamente vascularizados, a expensas del flujo sanguíneo a otros órganos.

Cualquiera de las formulas que toman en cuenta el peso y el HT del paciente son de gran utilidad para estimar las pérdidas sanguíneas, como las siguientes.

$$PSE = \text{peso} \times vsc \frac{(Ho-Hi)}{Ho}$$

$$PSE = \text{peso} \times vsc \frac{(Ho-Hi)}{H}$$

$$PSE = \text{peso} \times vsc \times (Ho-Hi) \times (3-H)$$

PSE (pérdida sanguínea permitida)

VSC (volumen sanguíneo circulante)

Ho (Hematocrito inicial)

Hi (hematocrito más bajo aceptable)

H (hematocrito promedio) $\frac{(Ho-Hi)}{2}$

Cuantificar las pérdidas de sangre en compresas y campos quirúrgicos, recolectores de sangre y tubos de arrastre, pueden ser inexactas, por lo que es más aconsejable pesar las gasas y compresas periódicamente durante la etapa de sangrado activo. Las pérdidas agudas producen datos clínicos diferentes y muchas veces se encuentran enmascarados bajo la influencia de los anestésicos, ya que estos deprimen la función miocárdica, provocando disminución de la presión arterial, del volumen sistólico y de las resistencias vasculares sistémicas, así como disminución de las necesidades cerebrales, miocárdicas y de consumo de oxígeno por el

organismo. El incremento en el gasto cardiaco en el paciente despierto es debido a un aumento tanto del volumen cardiaco, como al incremento de la frecuencia cardiaca, en contraste al incremento del gasto cardiaco del paciente anestesiado, el cual es debido solo al aumento del volumen cardiaco. Como consecuencia la taquicardia en la anemia aguda ha sido considerada como un signo de hipovolemia y deberá de ser tratada primariamente con soluciones cristaloides.

En el paciente adulto, sometido a anestesia general, se ha demostrado que las pérdidas de sangre son más altas en relación a los pacientes que reciben anestesia regional. Varios estudios controlados han confirmado un ahorro de entre el 30 al 40% en pacientes bajo anestesia regional, principalmente abajo anestesia peridural, sobre todo en pacientes ginecológicas, urológicas y de cirugía ortopédica. Una de sus posibles explicaciones es la analgesia postoperatoria, gracias a los anestésicos locales y a los opioides, que reducen de manera importante el dolor en esta etapa de la cirugía. Sin embargo existen otras razones como la hipotensión controlada más baja de la anestesia regional, que de la anestesia general. Dicha afirmación no ha sido estudiada en el paciente pediátrico, sin embargo los mecanismos productores de sangrado durante la anestesia general, pueden ser muy idénticos a los que ocurren en el paciente adulto,¹⁰ de tal manera que la hipotensión arterial, la palidez de las extremidades y una caída del gasto urinario, son los únicos datos clínicos importantes a considerar bajo situaciones de anestesia e hipovolemia. La caída de la saturación de oxígeno, se observa en situaciones más severas. Las reducciones del contenido de oxígeno arterial habitualmente son bien tolerados por el aumento del gasto cardiaco compensatorio, especialmente si se conserva la primera regla de oro de la anemia aguda, que es mantener al paciente bajo condiciones de normovolemia, en la fase aguda de la hemorragia es mucho más importante mantener la volemia que la capacidad de transporte de oxígeno. Si se mantiene el volumen sanguíneo se pueden tolerar grandes pérdidas del volumen sanguíneo circulante, sin embargo, puede ser fatal una pérdida de descompensación del volumen sanguíneo.¹¹

Bajo anestesia, los hipnóticos, el bloqueo neuromuscular, ciertas condiciones intraoperatorias como la hipotermia, los agentes inhalados según su profundidad anestésica, causan depresión miocárdica, descensos de la presión arterial y del volumen de eyección, disminución de la resistencia vascular periférica y en general bajan la demanda de oxígeno, por lo tanto se toleran niveles más bajos de HB y transporte de oxígeno, esto se puede deber a una reducción del consumo de oxígeno inducida por los anestésicos. Aun cuando la entrega de oxígeno se define como el producto del rendimiento cardíaco y el contenido arterial de oxígeno, la compensación primaria del rendimiento cardiaco se ve afectada por la anestesia, la falla ventricular en un paciente con anemia severa puede traer consecuencias graves.¹² El corazón no comienza a producir ácido láctico a menos que el HT esté por debajo de 15 a 20 %, el flujo de lactato miocárdico no parece afectarse aun a concentraciones de HB tan bajas como 6 g/dL. La falla cardiaca por lo general no ocurre sino hasta cuando el HT sea inferior a 10 %.¹³

Como resultado de esta depresión del miocardio, un evento frecuentemente observado en el paciente con disminución de la HB e hipovolemia, es la hipotensión arterial después de un proceso de inducción anestésica, especialmente con tiopental o propofol en bolo y sin control de la velocidad de administración, por lo que es recomendable oxigenarlos previamente y la administración de una carga de cristaloides, ya que la volemia es esencial en los niños hemodinámicamente inestables. Es aconsejable llevar a cabo la inducción con un halogenado suave y en forma progresiva, aumentando lentamente la concentración inspirada y a dosis menores, atropinizar previamente al paciente, y tratar de deprimir lo menos posible al miocardio, utilizando opioides como el fentanil. Dicho de otro modo; adaptar las drogas a las condiciones del paciente y no el paciente a las drogas. Diversos efectos de los medicamentos anestésicos pueden minimizarse utilizando formas de administración adecuadas a cada paciente o previniendo las consecuencias de sus acciones. Los cambios en el electrocardiograma se han observado con HB menores a 7 g/dL.¹⁴

No se ha establecido el límite inferior de tolerancia humana a la anemia aguda normovolémica; se sabe que la entrega de oxígeno es adecuada en la mayoría de los individuos sanos a concentraciones de hemoglobina tan bajas como 7 g/dL, siempre que se mantenga una saturación de oxígeno y gasto cardiaco normal, la oxigenación tisular se mantiene, y la anemia se tolera, inclusive con valores de HT tan bajos como 18 - 25%.

Hay dos tipos de pacientes de quienes hemos aprendido mucho sobre la reducción a niveles críticos de HB; los primeros son aquellos enfermos con insuficiencia renal crónica y/o trasplante renal, quienes toleran la anestesia y la cirugía aún con niveles tan bajos de HB como 6 a 7 g/dL, y los segundos son los enfermos que por motivos religiosos no aceptan recibir sangre. En ambos casos se ha observado que la mortalidad se incrementa cuando los niveles de HB están por abajo de 8 g/dL, sin embargo la mortalidad está más relacionada con la pérdida sanguínea perioperatoria de más de 500 mL, que con el nivel de HB.

Por cada gramo de HB se transportan 1.34 mL de oxígeno, de tal manera que si la saturación de oxígeno es al 100 %, la hemoglobina puede transportar 97% del oxígeno, mientras que el 3% restante va disuelto en el plasma. Tres factores debemos de tener en cuenta; el contenido arterial de oxígeno $CaO = ((HB \times 1.4 \times SaO)) + (0.003 \times PaO) / 100$. En condiciones óptimas 100 mL de sangre transportan 19 mL de oxígeno. Pongamos un ejemplo con 14 g/dL de HB y 95% de saturación. $CaO_2 = \text{gr de HB} \times 1.4 \times \text{Sat O}_2 + (0.003 \times PaO_2) / 100 = (14 \times 1.4 \times 95) + (0.003 \times 95) / 100 = 18.62 \text{ vol } \%$, Quiere decir que por cada 100 mL de sangre se transportan casi 19 volúmenes de O₂. Ahora veamos otro ejemplo con 75% de saturación y la misma cantidad de HB, ecuación No. 2, quiere decir que se transportan casi 15 volúmenes de oxígeno, disminuyendo la saturación de oxígeno, que bien podría ser un paciente con algún tipo de patología pulmonar o cardiovascular. Finalmente con una HB más baja; $CaO_2 = (9 \times 1.4 \times 95) + (0.003 \times 85) / 100 = 11.90 \text{ vol } \%$, una HB de 9 g/dL y saturación de 95%, en este caso se transportan 12 volúmenes de oxígeno por cada 100 mL de sangre, por lo tanto se transporta un poco más de la mitad de oxígeno

necesario para la vida.

Freeman y Nunn involucraron una fórmula, en donde el gasto cardiaco juega un papel muy importante, es decir el oxígeno disponible para los tejidos por minuto (VaO), que se traduce en el producto del gasto cardiaco y el contenido de sangre arterial de oxígeno $VaO = HB \times 1.4 \times SaO + (0.003 \times PaO) / 100 \times \text{gasto cardiaco} / 100$. Es decir $19 \times 5 \text{ L} / 100 = 950 \text{ mL} / \text{min}$, es decir que por cada minuto se puede disponer de casi un litro de oxígeno, aun cuando en realidad sólo se utilizan 250 mL bajo condiciones de reposo en el adulto, mientras que en el niño pequeño es de 7 mL/kg/min, el doble del adulto. La liberación de oxígeno corporal es dependiente del gasto cardiaco y del contenido de oxígeno, (HB, saturación de oxígeno y oxígeno disuelto) en condiciones fisiológicas normales, la liberación de oxígeno excede el consumo de oxígeno, en más de cuatro veces, resultando un índice de extracción de oxígeno del 20 al 30%, esto asegura una administración de oxígeno suficiente para cubrir las necesidades tisulares de oxígeno, incluso en condiciones difíciles o de demandas importantes. De tal forma que en el paciente menor de 3 meses de edad la cantidad de HB para someter a un enfermo a un proceso de cirugía y anestesia es necesario mantener concentraciones preoperatorias de por lo menos 13 g/dL, que equivalen a 8 a 9 g/dL en el adulto, no así en el resto de las edades pediátricas. Expliquemos porque 8 g/dL de HB y 95% de saturación, con 4 L de gasto cardiaco tenemos, 424 mL/min. Lo anterior lleva a pensar que el límite crítico sugerido de HB es de 8 a 8.5 g/dL, en el niño sano, pero no incluye al menor de 3 meses, ni el niño con patología cardio pulmonar, ventilación artificial, o niños con pobre reserva cardiopulmonar. Por otro lado y de acuerdo con estos datos, los niveles de HB que excedan los 8.2 g/dL deben ser aceptados en niños mayores de tres meses. Los niños que tengan concentraciones de HB en el límite inferior, deben ser oxigenados con mascarilla y monitorizados estrechamente con oximetría de pulso, en el área de recuperación hasta su total recuperación.¹⁵

Tratamiento de la anemia e hipoxemia

La transfusión deberá recaer sobre las características individuales de cada paciente, y la tolerancia a compensar la disminución de la anemia, por lo que no hay un disparador cuántico universal que indique cuando transfundir a un paciente anémico. Son los signos clínicos de oxigenación tisular inadecuada, que ocurren a varios niveles de HB. La anemia es un término muy general, revela un síntoma secundario de una enfermedad primaria, y no es el eje del problema, pero juega un papel importante para el anesthesiólogo, ya que éste cuida y vigila la entrega de oxígeno a órganos vitales como el corazón y el cerebro. La isquemia en estos órganos es fatal, por lo tanto hoy tenemos que hablar de anemia, como el punto crítico, en donde se compromete el transporte de oxígeno, y este punto es variable para niños y adultos. En el niño menor de tres meses se aconseja que no sea menor de 13 g/dL, por todas las características propias del neonato, mencionadas en los párrafos anteriores. No está bien establecida la cifra de HB en el niño mayor sano. Esto también orienta al anesthesiólogo a tomar una decisión

mucho mejor sobre cuál es el momento más aceptado para indicar una transfusión, y no necesariamente debe de ser durante el transanestésico. Los criterios actuales de transfusión de sangre propuestos por Marcucci y Sphahn son los mejor aceptados hoy en día, sin embargo su desventaja es que muchos de ellos, no están al alcance de la mayoría de los anestesiólogos y fueron creados para el paciente adulto. Estos criterios no están probados en pacientes menores de 8-9 años, sin embargo pueden ser una guía muy importante, sobre la cual tenemos que trabajar (Tabla 1). En los últimos 60 años la mayoría de los anestesiólogos hemos evaluado a la anemia como un factor aislado, sin analizarlo en forma integral, teniendo como referente primero al paciente y su condición clínica, edad, patología agregada, tipo y extensión de cirugía, volumen intravascular, funcionalidad del gasto cardiaco, enfermedad circulatoria o cerebral, saturación de oxígeno, periodo postoperatorio, etc. Este factor ha sido el tradicional de HB /HT de 10/30, establecido desde 1942, el cual poco ha cambiado desde entonces. El transporte de oxígeno se mantiene sin cambios durante el descenso de la HB, hasta que llega a la cifra de 7 g/dL. De modo que la afirmación de que el transporte de oxígeno es máximo a una HB de 10 g/dL ya no es válido en humanos. Hay poca literatura científica que apoye el valor de HB o HT como indicador de transfusión en forma automática.¹⁶

Los efectos de la anemia se deben separar de los de la hipovolemia, a pesar de que ambos pueden interferir con el transporte de oxígeno. Si el problema es la hipoperfusión tisular por HB baja o por enfermedad cardiaca o pulmonar, entonces lo que se necesita es corregir el transporte de oxígeno mediante una transfusión sanguínea. La decisión de transfundir requiere un detallado análisis médico, que debe incluir la combinación de factores como condición clínica del paciente, medición de oxigenación tisular y monitoreo gasométrico, concentración inicial de HB, respuesta a los fluidos de reanimación, coexistencia de enfermedad respiratoria o cardiaca. Si por el contrario lo que necesita es corregir la hipovolemia, entonces la reanimación inicial se inicia con soluciones cristaloides como la solución Ringer por

su contenido de sodio, potasio y calcio en concentraciones similares al plasma. En la fase aguda del sangrado es mucho más importante mantener la volemia que la capacidad de transporte de oxígeno, la reanimación masiva con salina al 0.9% puede llevar a acidosis hiperclorémica, y el lactato de las soluciones Ringer actúa como amortiguador (buffer o tampón) y se convierte a bicarbonato en el hígado, sin olvidar que aproximadamente un tercio de los cristaloides administrados permanecen en el compartimiento intravascular, un tercio se excreta y el tercio restante sale al espacio intersticial. Después de aportar la cantidad necesaria de cristaloides, en relación de 3 a 4 partes por una de sangrado, viene la selección del componente sanguíneo. El incremento en los productos sanguíneos por una población más demandante, ha hecho que los bancos de sangre tomen medidas referentes al mejor aprovechamiento de un recurso que además de ser delicado, es caro. Han cambiado sus políticas sobre donación disminuyendo la disponibilidad de donantes comerciales y transformándola en principios éticos con carácter eminentemente altruistas. Por tal motivo los bancos de sangre requieren de una estrecha colaboración del anestesiólogo para optimizar el recurso. En el Hospital de Alta Especialidad de Gineco Pediatría No. 48, dependiente del Instituto Mexicano del Seguro Social y con 300 camas de hospitalización y 15,000 pacientes sometidos a cirugía por año, más del 25% de las transfusiones son indicadas por el departamento de anestesiología, lo cual nos convierte en los principales demandantes de los bancos de sangre.¹⁷ De las 12,000 unidades de sangre transfundidas cada año en los Estados Unidos de Norteamérica, entre el 18 y 57% tienen una indicación inadecuada.¹⁸

Finalmente, el tratamiento de la hemostasia dependerá de la cantidad de sangrado acumulado, o de si continúa la pérdida de elementos formes de la sangre, en cuyo caso el paquete globular y el plasma fresco congelado para prevenir o corregir la coagulopatía son necesarios. Recientemente en un artículo de Kock en 11,963 adultos transfundidos, con diferentes tipos de patología, estableció una mortalidad de 1.77%, señalando los riesgos de la transfusión sanguínea, en

Tabla 1. Indicaciones sugeridas para transfusión sanguínea.²³

Variable	Intraoperatorio y UCI	Postoperatorio
Disparador de transfusión sanguínea:		
Hipotensión relativa (normovolemia)	Si	Si
Taquicardia relativa (normovolemia)	Si	Si
Depresión del segmento ST > mV	Si	Si
Elevación del segmento ST > mV	Si	Si
Pvo mmHg (presión parcial de oxígeno venoso)	< 32	No aplicable
Porcentaje de extracción de oxígeno	> 40	No aplicable
SVO2% (saturación de oxígeno venoso)	< 60	No aplicable
Anormalidades de movimiento de la pared Ecocardiografía transesofágica y transtorácica	Si	Si
Disminución en la extracción de O2 (V02)	> 10	No aplicable
Transfusión basada en la HB	7	7-8
Disparador, G/dL. Todos los pacientes	7-8	8-9
En pacientes de más de 80 años	7-8	8-9
Enfermedad arterial coronaria (CAD) o falla cardiaca congestiva.	8	8-9
Saturación de menos de 90 %	8-9	9
Pacientes con fiebre/hipermetabolismo	7-8	8-9

diferentes órganos y sistemas. Con fuertes evidencias de que la transfusión de sangre está asociada a resultados adversos y deberá ser evitada en lo posible, como enfermedades infecciosas, hepatitis, virus de la inmunodeficiencia, reacciones hemolíticas y no hemolíticas, de inmunosupresión, de aloinmunización etc., por supuesto que los niños no están exentos de una situación similar.¹⁹

Determinar con certeza el volumen sanguíneo circulante de un paciente no está al alcance de la mayoría de los anestesiólogos, ya que se requiere de cateterismo arterial y pulmonar, medición de presión venosa central, medición del gasto cardíaco, consumo de oxígeno, oxígeno disponible y extracción del oxígeno, con la finalidad de proponer cuando transfundir, especialmente si el niño es muy pequeño, de tal manera que nos quedamos con datos clínicos y datos indirectos.²⁰ Sin embargo, calcular las pérdidas sanguíneas que pueden tolerar un paciente durante la cirugía o para llevar a cabo una hemodilución, se cuentan con varias formulas que ya fueron discutidas. La formula de Bourke y Smith y la de Gross, siguen siendo vigentes hoy en día.²¹

Los pacientes con anemia crónica rara vez necesitan de una transfusión sanguínea, excepto aquellos con enfermedad cardiopulmonar o pacientes muy graves. Hoy en día los niños con más de 10 g/dL de HB rara vez son transfundidos, y no hay evidencias que así lo soporten. La anemia leve a moderada no contribuye a la morbilidad perioperatoria a menos que fuese de 3 g/dL.²² El concentrado eritrocitario, es el más transfundido por anestesiólogos en todos los países del mundo, después de los servicios de cirugía cardiovascular, en donde se transfunde el 100% de los pacientes operados, y de los servicios de hematología, los quirófanos son los sitios más comunes de transfusión de concentrados eritrocitarios. El concentrado eritrocitario es el componente obtenido por remoción de una parte del plasma de sangre total, que contiene mayoritariamente eritrocitos, con un hematocrito entre 50 y 80%, y cuya función principal es el transporte de oxígeno a los tejidos.

Indicaciones de transfusión sanguínea

La cifra de HB y/o HT, no son los parámetros mejor conocidos, para decidir la necesidad de transfusión, es la sintomatología clínica la que nos hará tomar esta decisión. Hay que recordar que las personas sin factores de riesgo asociado, como cardiopatías, prematurez, neonatos, síndrome de estrés respiratorio, pacientes intubados u otros, toleran cifras de HB hasta de 7 g/dL, o inferiores, siempre que no exista hipovolemia en los pacientes pediátricos. En

caso de que la sintomatología nos obligará a transfundir, lo haremos con la menor cantidad de eritrocitos necesarios para corregir los síntomas, sin tener la meta de superar los 10 g/dL. La administración de concentrados plaquetarios debe ser basada en la condición clínica del paciente, de forma ideal se deberá de aplicar la siguiente fórmula para tener la mínima exposición con el mayor efecto benéfico. De 10 a 15 mL/kg por día. Con una velocidad de administración de 2 a 3 mL/min, o 20 a 30 gotas por minutos en un equipo normal y el volumen máximo por unidad que no exceda el 10% del volumen sanguíneo total. La excepción a esta regla de la velocidad de administración es el sangrado agudo con cambios importantes en la estabilidad hemodinámica, y nunca con una duración mayor a las 4 horas. La sangre deberá ser administrada con un filtro estándar de 170 a 210 micras. No debe de ser calentado por arriba de la temperatura corporal estándar, tampoco debe administrarse concomitantemente con medicamentos u otras soluciones en la misma vía a excepción de soluciones salina isotónica al 0.9%. Siempre deberá dejarse constancia en el expediente sobre cualquier reacción secundaria existente. Al momento de recibir la unidad a transfundir se deberá verificar que el componente sanguíneo cuente con pruebas cruzadas compatibles, que la etiqueta en la bolsa cuente con fecha de extracción, fecha de caducidad, nombre del donador, número de unidad, tipo de anticoagulante, volumen, tipo de producto, grupo sanguíneo, ABO y Rh D, serología para VIH, HVB, HVC, sífilis y las que se implementen con el tiempo todas negativas y que no presente datos de hemólisis, coágulos u otros.²⁴ La tabla 2 muestra las alternativas para transfundir concentrados plaquetarios.

Algunos conceptos más actuales sobre el uso de sangre en el perioperatorio afirman que los eritrocitos desarrollan una gran variedad de cambios durante su almacenamiento, llamada "lesión eritrocitaria por almacenamieto", la cual incluye disminución del 2,3-DPG (difosfoglicerato), depleción del ATP y liberación de sustancias pro inflamatorias, esto provoca desviación a la izquierda de la curva de disociación de la oxihemoglobina, aumentando así la afinidad de oxígeno por la molécula de HB. También hay alteraciones en la capacidad de deformación de las células eritrocitarias y reacciones inflamatorias en el receptor. Los neutrófilos sufren alteraciones por las sustancias liberadoras después de 2 semanas de almacenamiento. Algunos autores han encontrado una probable relación directa, entre la edad de los eritrocitos y la presentación de isquemia esplácnica en pacientes sépticos, con eritrocitos mayores de 12 a 15 días, una mayor incidencia de infecciones posoperatorias y neumonía posterior a cirugía. Aunque otros como Walsh

Tabla 2. Alternativas de uso de concentrados plaquetarios en pacientes adultos y mayores de 4 meses

Receptor	Concentrados de eritrocitos	Receptor	Concentrado de eritrocitos.
O positivo	O positivo	O negativo	O negativo
A positivo	A positivo	A negativo	A negativo
B positivo	O positivo	B negativo	O negativo
AB Positivo	B positivo		B negativo
	O positivo		O negativo
	Cualquier grupo Sanguíneo	AB negativo	Cualquier grupo sanguíneo
	ABO		ABO negativo

y colaboradores no pudieron demostrar tal afirmación.²⁵ Múltiples estudios reportan una asociación entre hemotransfusión y la recurrencia de cáncer, muerte debida a recurrencia oncológica o simplemente aumento en la mortalidad.²⁶

Conclusiones

El viejo y honroso límite de 10 gramos de HB, al parecer se basa más en aspectos históricos y teóricos que en pruebas clínicas o experimentales. La gran mayoría de los anestesiólogos actuales, en la clínica cotidiana, han tomado tradicionalmente la cifra de HB de 10 gr/dL como el único factor a considerar, como la división entre el bien y el mal, entre lo bueno y lo malo, como el punto para decidir, si se transfunde un paciente, para ingresarlo a cirugía y anestesia. Se ha olvidado que la cifra de HB examinada en forma aislada no dice nada trascendental para la toma de decisiones desde el punto de vista de la anestesia, o en su defecto, hacer algún cambio en el manejo del paciente anestesiado, no es el único factor a considerar para la toma de decisiones. A la luz de los conocimientos actuales, en donde el monitoreo es casi preciso y la información del paciente anestesiado se nos muestra minuto a minuto y los conocimientos son cada día más abundantes y exactos, hoy se sabe que es más importante mantener sujetos normovolémicos, ante una hemorragia aguda hasta cierto límite, que transfundir sangre. Cada paciente debe de ser visto desde el punto de vista multifactorial, cada paciente tiene patologías diferentes y se comporta de manera diferente. Esto hace imposible fijar normas estrictas de transfusión igual para todos los pacientes, especialmente si no se ha visto al paciente como un ser integral y dinámico.

Referencias

1. Adams RC, Lundy JS. Anesthesia in cases of poor surgical risk: some suggestions for decreasing risk. *Surg Gynecol Obstet* 1942;74:1011-1019.
2. American Society of Anesthesiologists. A report by the American Society of Anesthesiologist Task Force on blood component therapy. *Anesthesiology* 1996; 84:732-747.
3. Wintrobe MM, Lee GR, Palidez y anemia, En: Harrison. Tratado de Medicina Interna. La Prensa Médica Mexicana, 4ª ed, México, 1973;342-55,1776-1778.
4. Shamah-Levy T, Villalpando S, Rivera JA. Anemia in Mexican women: A public health problem. *Salud Pública Mex* 2003;45:449-507.
5. Rivera-Dommarco J, Shamah Levy T, Villalpando-Hernández S, González-Cossío T, Hernández-Prado B, Sepúlveda J, ed. Encuesta Nacional de Nutrición 1999. Estado Nutricio de Niños y Mujeres en México. Cuernavaca, Morelos, México: Salud Pública de México 2001;1:3-7.
6. Moyao-García D. Diferencias anatómicas y fisiológicas del niño y sus implicaciones en anestesia. *PAC-2 Anestesia Pediátrica*; 6:5-12.
7. Moyao-García D. Administración de líquidos y productos sanguíneos durante el transoperatorio. *PAC-2. Anestesia Pediátrica*; 6:40-49. 1997.
8. Madjdpour C, Spahn D, Weiskopf R. Anemia and perioperative red blood cell transfusion: A matter of tolerance. *Crit Care Med* 2006;34:102-108.
9. Cote CJ, Zaslavsky. Postoperative apnea in former infants after inguinal herniorrhaphy. *Anesthesiology* 1995;82:809-822.
10. Ozier Y, Claude L. Non-pharmacological approaches to decrease surgical blood loss. *Can J Anesth.* 2003;50:S19-S25.
11. Valencia TM, Anemia transfusión y anestesia. *Rev Mex Anest* 1999;2:41-60.
12. Viele MK, Weiskopf RB. What can we learn about the need for transfusion from patients who refuse blood? The experience wiht Jehovah's witnesses. *Transfusion* 1994;34:396-401.
13. Carson JL, Spence RK, Poses RM, Bonavita G. Severity of anemia and operative mortality and morbidity. *Lancet* 1988;1:27-729.
14. Paladino MA. El niño en estado crítico sometido a cirugía. *Rev Mex Anest* 2002; 25:129-144.
15. Barcelona SL, Thompson A, Cote Ch. Intraoperative pediatric blood transfusion therapy. *Pediatric Anesth* 2005;15:814-834.
16. Manner P, Rubash H, Rendón J. Prospectus: future trends in transfusion: *Clin Orthoped Related Research* 1998;357:101-115.
17. Hernández-Cortez E. Archivos IMSS. Hospital de Alta Especialidad, León Guanajuato 2006.
18. Practice Guidelines for blood component therapy: A report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on blood component therapy. *Anesthesiology* 2006;84:732-747.
19. Kock CG, Liang DA. Morbidity and mortality risk associated with red blood cell and blood component transfusión in isolated coronary artery bypass grafting. *Crit Care Med* 2006;34: 1608-1616.
20. Van Woerkens ECS. Profound hemodilution: what is the critical level of hemodilution at which oxygen delivery-dependent oxygen consumptions start in an anesthetized human? *Anesth Analg* 1992;75:818-821.
21. Gross JB. Estimate allowable blood loss: Corrected for dilution. *Anesthesiology* 1983;58:277-280.
22. Spence RK, Costabile JP, Young GS. Is hemoglobin level alone a reliable predictor of outcome in the severely anemia surgical patient ? *Am Surg* 1992;58:92-95.
23. Madjdpour C, Spahn D, Weiskopf R. Transfusion related acute lung injury and other pulmonary complications of blood transfusion in the critically ill patient. *Crit Care Med* 2006;34: S102-S108.
24. Norma Oficial Mexicana. Para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos. *Nom-003-SSA2-1993*
25. Danja Strumper-Groves. Perioperative blood transfusion and outcome. *Current Opinion in Anaesthesiology* 2006;19:198-206.
26. Busch OR, Hop WC, Hoynck van Papendrecht MA. Blood transfusion and prognosis in colorectal cancer. *N Eng J Med* 1993;328:1372-1376.