

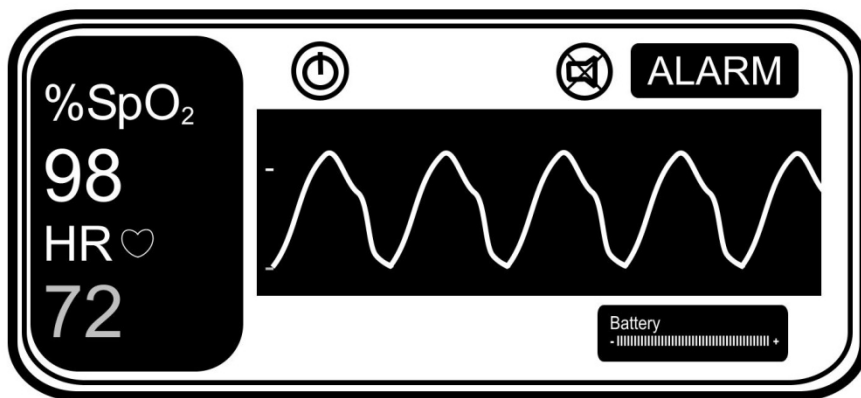


Organización
Mundial de la Salud

Seguridad del Paciente

Una alianza mundial para una atención más segura

Manual de Oximetría de Pulso Global



© Organización Mundial de la Salud, 2010

Se reservan todos los derechos. Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud pueden solicitarse a Ediciones de la OMS, Organización Mundial de la Salud, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza (tel.: +41 22 791 3264; fax: +41 22 791 4857; correo electrónico: bookorders@who.int). Las solicitudes de autorización para reproducir o traducir las publicaciones de la OMS - ya sea para la venta o para la distribución sin fines comerciales - deben dirigirse a Ediciones de la OMS, a la dirección precitada (fax: +41 22 791 4806; correo electrónico: permissions@who.int).

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan de manera aproximada fronteras respecto de las cuales puede que no haya pleno acuerdo.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o de nombres comerciales de ciertos productos no implica que la Organización Mundial de la Salud los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las denominaciones de productos patentados llevan letra inicial mayúscula.

La Organización Mundial de la Salud ha adoptado todas las precauciones razonables para verificar la información que figura en la presente publicación, no obstante lo cual, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni explícita ni implícita. El lector es responsable de la interpretación y el uso que haga de ese material, y **en ningún caso la Organización Mundial de la Salud podrá ser considerada responsable de daño alguno causado por su utilización.**

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
El Proyecto Oxímetro de la Cirugía Segura Salva Vidas de la OMS	4
Glosario de términos	6
Entendiendo la Fisiología del Transporte de Oxígeno	8
○ Cuestionario 1 del Pulsioxímetro	
○ Oxígeno	
○ Transporte de Oxígeno a los tejidos	
○ Cuanto Oxígeno transporta la sangre?	
○ Qué es la Saturación de Oxígeno?	
Conociendo el Pulsioxímetro	10
○ Cuestionario 2 del Pulsioxímetro	
○ Qué mide el Pulsioxímetro?	
○ El monitor del Pulsioxímetro	
○ El sensor del Pulsioxímetro	
○ Uso práctico del Pulsioxímetro	
○ Que información le brindan las alarmas?	
○ Qué factores pueden interferir con las lecturas del oxímetro?	
○ Qué no mide el pulsioxímetro?	
Entendiendo como ocurre la Desaturación de Oxígeno	14
○ Cuestionario 3 del Pulsioxímetro	
○ Causas de hipoxia durante la anestesia	
○ Qué se debería hacer cuando la saturación cae	
○ Plan de manejo para SatO2 menores a 94%	
○ Acciones a tomar cuando la SatO2 es 94% o menor	
○ Cuestionario 4 del Pulsioxímetro	
○ Cuestionario 5 del Pulsioxímetro	
Apéndices	
1 La curva de disociación oxígeno/hemoglobina y lecturas adicionales	23

El Proyecto Oxímetro de la Cirugía Segura Salva Vidas de la OMS

Bienvenido al manual de entrenamiento de pulsioxímetro de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La OMS ha introducido recientemente la Lista de Chequeo para Seguridad Quirúrgica como parte de la iniciativa la Cirugía Segura Salva Vidas. Las medidas para mejorar la seguridad anestésica forman parte del programa.

En muchos países el pulsioxímetro es obligatorio para monitorizar pacientes durante la anestesia. El objetivo del programa de la OMS es conseguir que esta tecnología esté disponible en forma rutinaria a través del mundo, para todos los pacientes que estén recibiendo anestesia.

Aunque la pulsioximetría es una tecnología simple y confiable que puede detectar niveles bajos de Oxígeno en la sangre, solamente es efectiva si el que administra la anestesia entiende como funciona un oxímetro y qué hacer cuando se detecta la hipoxia. Este manual describe un plan simple para responder a esta situación, y explica como los oxímetros funcionan y cómo usarlos.

El manual contiene información esencial para todos los que administran anestesia y no tienen experiencia en usar pulsioximetría y sería una lectura útil para todos los miembros del equipo de la sala de operaciones.

El contenido de este manual puede ser estudiado individualmente o puede ser enseñado en clase. Material de aprendizaje adicional sobre pulsioximetría e información sobre la Lista de Chequeo para Cirugía Segura de la OMS se pueden conseguir sin costo en

http://www.who.int/patientsafety/safesurgery/pulse_oximetry/en/index.html y en

<http://www.who.int/patientsafety/safesurgery/en/index.html> respectivamente. El material puede ser distribuido gratuitamente para fines educativos.

ACKNOWLEDGEMENT

William Berry, MD, MPH

Harvard School of Public Health, Boston, USA

Gonzalo Barreiro MD

Sanatorio Americano, Montevideo, Uruguay

Gerald Dziekan MD, MSc

World Health Organization, Geneva, Switzerland

Angela Enright MB, FRCPC (Editor)

Royal Jubilee Hospital, Victoria, Canada

Peter Evans

Special Advisor

Luke Funk MD, MPH

Harvard School of Public Health, Boston, USA

Atul Gawande MD MPH

Harvard School of Public Health, Boston, USA

Iain H. Wilson MB ChB, FRCA

Royal Devon and Exeter NHS Foundation Trust, Exeter, UK

Robert J McDougall MBBS, FANZCA, GradCetHlthProfEd

Royal Children's Hospital, Parkville, Victoria, Australia

Alan Merry ONZM, FANZCA, FFPMANZCA, FRCA, Hon FFFLM

University of Auckland, New Zealand

Florian Nuevo MD, DPBA, FPBCA

University of Santo Tomas, Manila, Philippines

Rafael Ortega MD

Boston University Medical Center, Boston, USA

Michael Scott MB ChB, FRCP, FRCA

Royal Surrey County Hospital, Guildford, UK

Stephen Ttendo MB ChB, MMed (Anaesth)

Mbarara University of Science and Technology, Mbarara, Uganda

Isabeau Walker BSc MB BChir FRCA (Editor)

Great Ormond Street Hospital NHS Trust, London, UK

David Wilkinson PGDip(AP)

Royal Devon and Exeter NHS Foundation Trust, Exeter, UK

The editors would also like to acknowledge the assistance of Drs. Regina Aleeva (Russia), Yoo Kuen Chan (Malaysia), Sarah Hodges (Uganda), Vjacheslav Istomin (Russia), Fawaz Kateb (Syria), Mikhail Kirov (Russia), Sergey Komarov (Russia), Konstantin Lebedinskiy (Russia), Jin Liu (China), Christine Manning (Canada), Isabelle Murat (France), Haydn Perndt (Australia), Dmitry Shestakov (Russia), Alexey Smetkin (Russia), Olaitan Soyannwo (Nigeria), Marina Venchikova (Russia), Lize Xiong (China) and Buwei Yu (China).

GLOSARIO DE TERMINOS

Anafilaxia	Una severa reacción alérgica con amenaza de muerte, que puede deberse a una droga u otra sustancia tal como el látex en los guantes quirúrgicos.
Arritmia	Un ritmo cardíaco anormal
Atelectasias	Colapso parcial o total de un pulmón o de un segmento el cual estaba previamente expandido.
Bradycardia	Una frecuencia cardíaca que es demasiado lenta para el paciente. En adultos menos de 60 latidos por minuto y en niños de acuerdo a la edad – vea página 12 de este manual.
Capnógrafo	Un monitor que detecta la cantidad de anhídrido carbónico en cada ventilación.
Cianosis	Apariencia azul oscura de la piel, lengua y mucosas debida a bajo nivel de hemoglobina oxigenada en los vasos sanguíneos cerca de la superficie de la piel.
Hemoglobina desaturada	Hemoglobina que no tiene Oxígeno fijado a ella
Hipotensión	Presión sanguínea baja
Hipotermia	Temperatura corporal baja (menos de 36°C)
Hipoventilación	Ventilación a una frecuencia y/o a una profundidad menor de la requerida
Hipovolemia	Volumen de sangre reducido
Hipoxia	Niveles anormalmente bajos de oxígeno en el cuerpo
Microprocesador	Un minicomputador que puede calcular lecturas de frecuencia de pulso y saturación de hemoglobina periférica a partir de señales detectadas por el sensor.
Intubación esofágica	Una sonda traqueal que está incorrectamente colocada en el esófago.
Oxímetro/Oximetría/Pulsoxímetro/Pulsoximetría	Un aparato que puede detectar una señal pulsátil en una extremidad tal como un dedo de la mano o del pie y puede calcular la cantidad de hemoglobina oxigenada y la frecuencia cardíaca
Neumotórax	Colapso pulmonar causado por fuga aérea desde el pulmón, usualmente debido a trauma. El aire entra al espacio por fuera del pulmón (espacio pleural) e impide que el pulmón se expanda (también vea Neuomotórax a tensión)
Pirexia	Temperatura corporal aumentada (mayor de 37°C)

Neumotórax a tensión

En un neumotórax a tensión, la presión en el espacio pleural es muy alta, el paciente tiene severas dificultades ventilatorias y la distorsión del corazón puede producir paro cardíaco.

Vasopresores

Drogas como la Adrenalina, la Efedrina o la Fenilefrina que aumentan la presión sanguínea produciendo constricción de los vasos sanguíneos o gasto cardíaco aumentado.

ENTENDIENDO LA FISIOLÓGIA DEL TRANSPORTE DE OXÍGENO

CUESTIONARIO 1 DEL PULSIOXIMETRO

Antes de leer el manual, quisiéramos evaluar sus conocimientos sobre el pulsioxímetro. Las respuestas correctas están en la siguiente sección.

1. Como se transporta el Oxígeno de la atmósfera a los tejidos?
2. Cual es la saturación normal de oxígeno en sangre arterial?
3. Qué es la preoxigenación?
4. Un paciente bajo anestesia general para herniorrafia tiene una saturación de Oxígeno de 82% durante cirugía. Este valor es alto o bajo? Se necesita tomar alguna medida?

OXIGENO

Los seres humanos dependen del oxígeno para vivir. Todos los órganos requieren oxígeno para metabolismo pero el cerebro y el corazón son particularmente sensibles a la falta de oxígeno. La escasez de oxígeno en el cuerpo se llama **hipoxia**. Una escasez seria de oxígeno por unos pocos minutos es mortal.

Durante la anestesia la vías aérea del paciente pueden obstruirse, su ventilación puede deprimirse, su circulación puede verse afectada por pérdidas sanguíneas o un ritmo cardíaco anormal o el equipamiento anestésico puede presentar un problema como una desconexión accidental u obstrucción del circuito de ventilación. Estos factores pueden producir una reducción en el transporte de oxígeno a los tejidos lo que, si no se trata correctamente, podría llevar a daño o muerte. Cuanto más precozmente el que administra anestesia detecte el problema, más rápidamente podrá ser tratado de manera que no se produzca daño al paciente.

TRANSPORTE DE OXÍGENO A LOS TEJIDOS

El Oxígeno es transportado en el cuerpo fijado a una proteína que contiene hierro llamada Hemoglobina (Hb) que está en los glóbulos rojos. Después que el oxígeno es introducido dentro de los pulmones se combina con la hemoglobina en los glóbulos rojos cuando ellos pasan a través de los capilares pulmonares. El corazón bombea sangre continuamente en el cuerpo para transportar el oxígeno a los tejidos.

Hay cinco importantes cosas que deben suceder para que se transporte suficiente oxígeno a los tejidos:

- EL oxígeno debe ser respirado (más bien inspirado) desde el aire o el circuito anestésico a los pulmones.
- El oxígeno debe pasar desde los espacios aéreos en el pulmón (llamados alvéolos) a la sangre. Esto se llama el intercambio de gas alveolar.
- La sangre debe contener suficiente hemoglobina para transportar suficiente oxígeno a los tejidos.
- El corazón debe ser capaz de bombear suficiente sangre a los tejidos para satisfacer los requerimientos de oxígeno del paciente.
- El volumen de sangre en la circulación debe ser adecuado para asegurar que la sangre oxigenada se distribuya a todos los tejidos.

CUANTO OXÍGENO TRANSPORTA LA SANGRE?

En un paciente sano:

- Cada gramo de hemoglobina se combina con 1.34 ml de oxígeno. De esa manera, en la sangre con una concentración normal de hemoglobina de 15g/dl, 100 mls de sangre transporta 20 mls de oxígeno combinado con la hemoglobina. Sumado a eso una pequeña cantidad de oxígeno está disuelta en la sangre.

- Normalmente el corazón bombea aproximadamente 5000 ml de sangre por minuto a los tejidos en un adulto de tamaño medio. Esto transporta cerca de 1000 ml de oxígeno por minuto a los tejidos.
- Las células en los tejidos extraen oxígeno de la sangre para su metabolismo, normalmente alrededor de 250 ml de oxígeno por minuto. Esto significa que si no hay intercambio de oxígeno en el pulmón, existe oxígeno almacenado en la sangre suficiente para alrededor de tres minutos (solo el 75% del oxígeno transportado por la hemoglobina está disponible para los tejidos).
- Respirar oxígeno al 100% antes de la inducción de la anestesia (preoxigenación) aumenta las reservas de oxígeno en los pulmones. Si un paciente detiene su respiración y no es ventilado, la cantidad de oxígeno en los pulmones disminuirá rápidamente. Si al paciente se le permitió ventilar oxígeno al 100% por varios minutos antes de la inducción de la anestesia, el reservorio aumentado de oxígeno proporcionará mucho del oxígeno necesario, adicionando minutos potencialmente salvadores. Hay muchas situaciones donde esto puede ser importante. Un ejemplo es en la mujer embarazada en la que el útero aumentado reduce el volumen pulmonar y las demandas metabólicas están aumentadas por el feto. Otro ejemplo es en niños pequeños quienes tienen volúmenes pequeños y demandas metabólicas altas. Ellos pueden utilizar el oxígeno muy rápidamente y algunas veces se resisten a que los preoxigenen.
- Los pacientes anémicos tienen niveles más bajos de hemoglobina y por lo tanto son incapaces de transportar mucho oxígeno en la sangre. A una concentración de hemoglobina menor de 6g/dl, el transporte de oxígeno a los tejidos puede ser demasiado bajo para satisfacer las demandas metabólicas. A los pacientes que sufren una gran pérdida de sangre durante la cirugía y presentan anemia aguda se les debería administrar oxígeno al 100% . Esto aumentará la cantidad de oxígeno disuelto en la sangre y mejorará en una pequeña cantidad la entrega de oxígeno a los tejidos. La transfusión de sangre puede ser salvadora.

QUÉ ES LA SATURACIÓN DE OXÍGENO?

Los glóbulos rojos contienen hemoglobina. Una molécula de hemoglobina puede transportar hasta cuatro moléculas de oxígeno luego de lo cual se dice que está “saturada” con oxígeno.

Si todos los lugares de unión con la hemoglobina están transportando oxígeno, se dice que la hemoglobina tiene una saturación de 100%. La mayoría de la hemoglobina en sangre se combina con el oxígeno durante su pasaje por los pulmones. Un individuo sano con pulmones normales, respirando aire a nivel del mar, tendrá una saturación de sangre arterial de 95-100%. Las altitudes extremas afectarán estas cifras. La sangre venosa colectada desde los tejidos contiene menos oxígeno y normalmente tiene una saturación de alrededor del 75%. (Ver apéndice 1 para más detalles acerca de esto).

La sangre arterial luce rojo brillante mientras la venosa se ve como rojo oscuro. La diferencia en color es debida a la diferencia en la saturación de hemoglobina. Cuando los pacientes están bien saturados, su lengua y labios tienen color rosado; cuando están desaturados, tienen color azul. Esto se llama cianosis. Puede ser difícil detectar cianosis clínicamente, particularmente en pacientes con piel oscura. Usted puede no notar este signo hasta que la saturación de oxígeno es menor de 90%. Detectar cianosis es aún más difícil en una sala de operaciones poco iluminada.

La cianosis es visible solamente cuando la hemoglobina no oxigenada es mayor de 5 g/dl. Un paciente severamente anémico puede no aparentar estar cianótico aún estando extremadamente hipóxico, ya que hay muy poca hemoglobina circulando a través de sus tejidos.

Durante la anestesia la saturación de oxígeno debería estar siempre entre 95 - 100%. Si la saturación de oxígeno es de 94% o menos, el paciente está hipóxico y necesita ser tratado rápidamente. **Una saturación de menos de 90% es una emergencia clínica.**

Punto de aprendizaje: Es difícil detectar clínicamente cianosis hasta que la saturación llegue a <90%. Un paciente que está severamente anémico puede no parecer cianótico, aún cuando la saturación de oxígeno esté muy baja.

CONOCIENDO EL PULSIOXÍMETRO

CUESTIONARIO 2 DEL PULSIOXÍMETRO:

Las respuestas correctas están en la siguiente sección.

1. Qué dos cosas mide un pulsioxímetro?
 2. Qué se muestra en la pantalla de un pulsioxímetro?
 3. El oxímetro tiene dos partes. Cuales son?
-

QUE MIDE UN PULSIOXÍMETRO?

Hay DOS valores numéricos que se obtienen del pulsioxímetro:

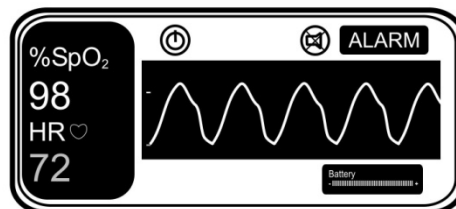
- **La saturación de oxígeno de la hemoglobina en sangre arterial.** El valor de la saturación de oxígeno se acompaña con una señal audible cuyo tono varía dependiendo de la saturación de oxígeno. Un tono menos agudo indica que la saturación de oxígeno está cayendo. Debido al hecho de que el oxímetro detecta la saturación periféricamente en un dedo de la mano o del pie o la oreja, el resultado se registra como saturación periférica de oxígeno, descrita como SatO₂.
- **La frecuencia cardíaca** en latidos por minuto, promediados cada 5 a 20 segundos. Algunos oxímetros presentan una curva de pulso o indicador que reflejan la fuerza del pulso detectado. Esta curva indica como se perfunden los tejidos. La fuerza de la señal cae si la circulación comienza a ser inadecuada.

Punto de aprendizaje: Un pulsioxímetro es un aparato de alerta precoz. Un pulsioxímetro continuamente mide el nivel de saturación de oxígeno de la hemoglobina en la sangre arterial. Puede detectar hipoxia más precozmente de que el anestesiólogo pueda ver signos clínicos de hipoxia como la cianosis. Esta habilidad de proveer una alerta precoz ha hecho que el pulsioxímetro sea esencial para la anestesia segura.

EL PULSIOXÍMETRO:

Un pulsioxímetro consiste en un monitor que contiene las baterías y la pantalla y un sensor que detecta el pulso.

Este dibujo muestra un pulsioxímetro. La pantalla muestra que la SatO₂ es de 98% y que la frecuencia del pulso es de 72 latidos por minuto.



EL MONITOR DEL PULSIOXIMETRO

El monitor contiene el microprocesador y la pantalla. La pantalla muestra la saturación de oxígeno, la frecuencia del pulso y la curva. El monitor está

conectado al paciente por medio del sensor.

Durante su uso el monitor actualiza sus cálculos regularmente para dar una lectura inmediata de la saturación de oxígeno y la frecuencia del pulso. El indicador del pulso es continuamente mostrado para dar información sobre la circulación. Los cambios audibles de la señal auditiva se correlacionan con el valor de la saturación de oxígeno y esto es una característica de seguridad importante. El sonido es menos agudo a medida que la saturación cae y aumenta cuando se recupera. Esto le permite a usted escuchar los cambios en la saturación de oxígeno inmediatamente, sin tener que mirar al monitor todo el tiempo.

El monitor es delicado. Es sensible a la manipulación ruda y al calor excesivo y puede ser dañado si se vuelcan líquidos sobre él. El monitor puede ser limpiado suavemente con un paño húmedo. Cuando no se use, debe ser conectado a una toma eléctrica para asegurar que la batería se cargue en forma completa.

EL SENSOR DEL PULSIOXÍMETRO

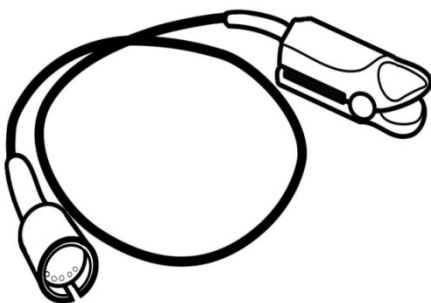
El sensor del pulsioxímetro consiste en dos partes, los diodos emisores de luz (LEDs) y un detector de luz (llamado un foto – detector). Los haces de luz brillan a través de los tejidos de un lado del sensor a otro. La sangre y los tejidos absorben algo de la luz emitida por el sensor. La luz absorbida por la sangre varía con la saturación de la hemoglobina. El foto-detector detecta la luz transmitida a medida que la sangre pulsa a través de los tejidos y el microprocesador calcula un valor para la saturación de oxígeno (SatO₂).

Para que el pulsioxímetro funcione, el sensor debe ser colocado donde un pulso puede ser detectado. Los LEDs deben enfrentar al detector de luz para que detecte la luz en su pasaje a través de los tejidos. El sensor emite una luz roja cuando el sistema está encendido; cheque que usted puede ver esta luz para estar seguro que el sensor está trabajando adecuadamente.

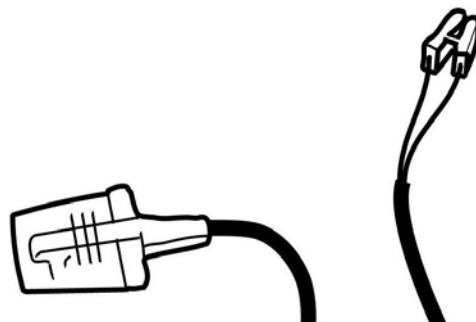
Los sensores están diseñados para usar en el dedo de la mano o el pie y el lóbulo de la oreja. Hay diferentes tipos presentados en la foto. Los sensores con bisagra son los más populares, pero son fácilmente dañables. Los sensores de goma son más robustos. La faja que rodea al dedo puede constreñir el flujo de sangre del mismo si está muy apretada. Los sensores para oreja son livianos y útiles para los niños o si el paciente está muy vasocontraído. Los sensores pequeños están diseñados para niños pero un sensor con bisagra para adultos puede ser usado en el pulgar o el primer dedo del pie de un niño. En los sensores para dedos de mano o pie, el fabricante marca la orientación correcta del lecho ungueal en el sensor.

El sensor del oxímetro es la parte más delicada del pulsioxímetro y se daña fácilmente. Manipúlelo cuidadosamente y nunca lo deje en un lugar desde donde se pueda caer al piso.

El sensor se conecta al oxímetro usando un conector con una serie de agujas muy finas que pueden ser dañadas – vea el diagrama. Siempre alinee el conector correctamente antes de intentar insertarlo en el monitor. Nunca tire del sensor tomando el cable; siempre tome firmemente el conector entre el pulgar y el índice.



Sensor de dedo con bisagra mostrando al conector que solo puede ser conectado al oxímetro de una manera, alineando la hendidura del conector con la muesca correspondiente en la máquina.



Sensor de dedo de goma y sensor de oreja

Cuando no esté en uso, el cable del sensor del oxímetro puede ser enrollado suavemente para almacenamiento o transporte, pero no debe ser enrollado muy apretado porque esto dañará los alambres dentro del cable. Los sensores deben mantenerse limpios. Use agua jabonosa o un algodón con alcohol para **delicadamente** limpiar polvo, suciedad o sangre del sensor.

Punto de Aprendizaje: Para conseguir una lectura satisfactoria el sensor debe estar emitiendo una luz roja y debe ser posicionado correctamente para detectar flujo sanguíneo pulsátil.

USO PRACTICO DEL PULSIOXIMETRO

- Encienda el pulsioxímetro: éste comenzará con sus calibraciones internas y chequeo.
- Seleccione el sensor apropiado con atención especial al tamaño correcto y adonde se colocará (habitualmente dedo de mano o pie o pabellón de oreja). Si se usa en un dedo de la mano o el pie asegúrese que el área está limpia. Remueva todo el esmalte de uña.
- Conecte el sensor al pulsioxímetro.
- Posicione el sensor cuidadosamente; asegúrese que quede bien fijado, sin estar demasiado flojo o demasiado apretado.
- Si es posible evite que el brazo sea utilizado para monitorizar la presión arterial ya que el inflado del manguito interrumpirá la señal del pulsioxímetro.
- Espere algunos segundos para que el pulsioxímetro detecte el pulso y calcule la saturación de oxígeno.
- Busque el indicador de pulso que muestra que la máquina ha detectado un pulso. Sin una señal de pulso ningún número tiene sentido.
- Una vez que la unidad ha detectado un buen pulso, se mostrarán la saturación de oxígeno y la frecuencia de pulso.
- Como todas las máquinas, los oxímetros pueden **ocasionalmente** dar una falsa lectura – si tiene dudas, confíe en su juicio clínico más que en la máquina.
- El funcionamiento del sensor del oxímetro puede ser chequeado colocándolo en su propio dedo.
- Ajuste el volumen de la señal audible a un nivel confortable para la sala de operaciones- nunca lo use sin volumen o en silencio.
- **Siempre asegúrese que las alarmas están activadas.**

Si no se obtiene señal en el oxímetro después de que el sensor se colocó en el dedo, chequee lo siguiente:

- Funciona el sensor y está correctamente posicionado? Intente otra localización.
- El paciente tiene perfusion pobre?
 - Chequee por bajo gasto cardíaco especialmente debido a hipovolemia, problemas cardíacos o shock séptico. Si hay hipotension se hace necesario reanimar el paciente en forma inmediata. La señal mejorará cuando la condición clínica del paciente mejore.
 - Chequee la temperatura del paciente. Si el miembro del paciente está frío, frotar suavemente el dedo o el lóbulo de la oreja puede restaurar la señal.

Consejo: Si usted no está seguro de que el sensor está funcionando adecuadamente, chequéelo probándolo en su propio dedo.

DE QUÉ LE INFORMAN LAS ALARMAS DEL PULSIOXÍMETRO?

Las alarmas alertan al anestesiólogo de los problemas clínicos. Las alarmas son las siguientes:

- Emergencia de saturación baja (hipoxia) i.e. $\text{SatO}_2 < 90\%$
- No se detecta pulso
- Frecuencia de pulso baja
- Frecuencia de pulso alta

La alarma de saturación baja. La saturación de oxígeno en pacientes sanos de cualquier edad debería ser de 95% o más.

Punto de Enseñanza: Durante la anestesia la SatO_2 debería ser de 95% o más. Si la SatO_2 es de 94% o menos, el paciente debe ser evaluado rápidamente para identificar y tratar la causa.

Una SatO_2 menor de 90% es una emergencia clínica y debe ser tratada con urgencia.

La alarma de '**No se detecta pulso**' está causada comunmente porque el sensor se desconecta del dedo, pero puede también ser activada si el paciente está hipotenso, hipovolémico o ha sufrido un paro cardíaco. Chequee el lugar del sensor rápidamente y luego evalúe a su paciente con el ABC (vía aérea, ventilación, circulación).

Las alarmas de frecuencia del pulso son útiles ya que permiten al anestesiólogo saber que el corazón está latiendo demasiado rápido o demasiado lento. Sin embargo los anestesiólogos atentos notarán antes una frecuencia cardíaca alterada antes de que las alarmas suenen. Los niños normalmente tienen frecuencias cardíacas más altas que los adultos, pero tienen la misma saturación de oxígeno - ver abajo.

Edad	Frecuencia Cardíaca Normal	Saturación de Oxígeno Normal (SatO_2)
RNacido - 2 años	100 -180	Todos los pacientes deberían tener una SatO_2 de 95% o más durante la anestesia o durante la recuperación de la anestesia*
2-10 años	60 -140	
10 años - Adultos	50 -100	

* Excepción: los niños prematuros bajo terapia con oxígeno en la unidad intensiva neonatal deben tener una SatO_2 entre 89-94% para evitar la toxicidad en la retina. Durante la cirugía la saturación de oxígeno debe ser mantenida superior a 95%, como para todos los demás pacientes.

La anestesia superficial, la terapia del dolor inadecuada, la atropina, la ketamina, la hipovolemia, la fiebre o una arritmia pueden activar la alarma de pulso rápido. La alarma de pulso bajo puede ser activada por bradicardia secundaria a estimulación vagal debida por ej. a tracción peritoneal, reflejo óculo-cardíaco o por intubación (sobretudo en bebés) o por anestesia profunda (especialmente halothano) o hipoxia severa. Un atleta muy entrenado o un paciente que esté tomando beta bloqueantes puede tener un pulso lento.

ENTENDIENDO COMO OCURRE LA DESATURACIÓN DE OXÍGENO

QUÉ FACTORES PUEDEN INTERFERIR CON LA LECTURA DEL PULSIOXÍMETRO?

Algunos factores pueden interferir con el correcto funcionamiento de un pulsioxímetro incluyendo:

- **Luz** – luz brillante (tal como la luz de la sala de operaciones o luz del sol) directamente aplicadas al sensor pueden afectar la lectura. Proteja al sensor de la luz directa.
- **Temblores** – el movimiento puede dificultar al sensor en su lectura de la señal.
- **Volumen del Pulso** – el oxímetro solo detecta flujo pulsátil. Cuando la presión sanguínea está descendida por shock hipovolémico o el gasto cardíaco está bajo o el paciente tiene una arritmia, el pulso puede estar muy débil y el oxímetro puede no ser capaz de detectar una señal.
- **Vasoconstricción** reduce el flujo sanguíneo a la periferia. El oxímetro puede fallar en detectar una señal si el paciente está muy frío y vasocontraído en la periferia.
- **Intoxicación por Monóxido de Carbono** puede dar una lectura de saturación alta falsa. El monóxido de Carbono se une muy bien a la hemoglobina y desplaza al oxígeno para formar un compuesto rojo brillante llamado carboxihemoglobina. Esto solo es un problema en pacientes con lesión inhalatoria por humo en un incendio.

Punto de Aprendizaje: La hipovolemia es la causa más común de una señal de pulsioxímetro débil durante la anestesia. La hipotermia debe también ser considerada.

QUE NO MIDE UN PULSIOXIMETRO?

Un pulsioxímetro no da información directa sobre frecuencia respiratoria, volumen corriente, gasto cardíaco o presión sanguínea. Sin embargo lo hace indirectamente y si estos factores llevan a la desaturación, esto será detectado por el pulsioxímetro.

Punto de Aprendizaje: El oxígeno suplementario es a menudo esencial durante la anestesia. Sin embargo tenga en cuenta de que puede enmascarar los efectos de la hipoventilación en la saturación de oxígeno. La vigilancia clínica sera necesaria para asegurar que la ventilación es adecuada si no se dispone de un capnógrafo.

Los pulsioxímetros funcionan normalmente en pacientes anémicos. En un paciente extremadamente anémico, la saturación de oxígeno será todavía normal (95%-100%), pero no habrá suficiente hemoglobina para transportar suficiente oxígeno a los tejidos. En casos de severa anemia, el paciente debería respirar oxígeno al 100% durante la anestesia para intentar mejorar la entrega de oxígeno a los tejidos aumentando la cantidad de oxígeno disuelto en la sangre.

CUESTIONARIO 3 DEL PULSIOXÍMETRO

Las causas de hipoxia durante la anestesia pueden ser atribuidas a problemas con **A** Vía Aérea, **B** Ventilación, **C** Circulación, **D** Drogas o **E** Equipamiento. Al recordar chequear al paciente en este orden, muchas de las causas de hipoxia pueden ser identificadas y tratadas.

Usando estos títulos abajo, considere qué puede estar mal durante su anestesia para causar hipoxia. Compare sus respuestas con la tabla de la página siguiente.

Vía Aérea

Ventilación

Circulación

Drogas

Equipamiento

Cual piensa usted que es la causa más común de hipoxia en la sala de operaciones y la recuperación?

CAUSAS DE HIPOXIA DURANTE LA ANESTESIA:

Las causas de hipoxia durante la anestesia están resumidas en la tabla abajo. **La obstrucción de la vía aérea es la causa más común de hipoxia.**

Causas de hipoxia en la sala de operaciones – ‘ABCDE’

Causa del problema	Problema Común
A. VÍA AEREA	<ul style="list-style-type: none">• Una vía aérea obstruida impide que el oxígeno llegue a los pulmones• La sonda traqueal puede estar malposicionada por ej. en el esófago• Vómito aspirado puede bloquear la vía aérea
B. VENTILACIÓN	<ul style="list-style-type: none">• La Ventilación inadecuada impide que suficiente oxígeno llegue a los alvéolos.• El Broncospasmo severo puede provocar que no llegue suficiente oxígeno a los pulmones ni que el anhídrido carbónico sea removido de los mismos.• Un neumotórax puede producir que el pulmón afectado se colapse• Una anestesia raquídea alta puede producir ventilación inadecuada
C. CIRCULACIÓN	<ul style="list-style-type: none">• La falla circulatoria impide que el oxígeno sea transportado a los tejidos• Las causas comunes incluyen la hipovolemia, el ritmo cardíaco anormal o la falla cardíaca.
D. DROGAS	<ul style="list-style-type: none">• La anestesia profunda puede deprimir la ventilación y la circulación• Muchas drogas anestésicas producen una caída de la presión sanguínea• Los relajantes musculares paralizan los músculos de la respiración• La anafilaxia puede producir broncospasmo y bajo gasto cardíaco
E. EQUIPAMIENTO	<ul style="list-style-type: none">• Los problemas con el equipamiento anestésico incluyen desconexión u obstrucción del circuito anestésico• Los problemas con el aporte de oxígeno incluyen un cilindro vacío o un concentrador de oxígeno que funciona mal• Los problemas con el equipamiento de monitoreo incluyen falla en la batería del oxímetro o un sensor defectuoso

Punto de aprendizaje: Cuando ocurre hipoxia, es esencial decidir si el problema está en el paciente o en el equipamiento. Después de un chequeo rápido de los problemas comunes del paciente, asegúrese de que el equipamiento esté funcionando apropiadamente. Siempre tenga disponible una bolsa auto inflable en caso de que tenga problemas con el circuito anestésico.

QUE DEBE HACERSE CUANDO LA SATURACIÓN CAE?

Durante la anestesia, las saturaciones de oxígeno bajas deben ser inmediata y apropiadamente tratadas. El paciente puede ponerse hipóxico en cualquier momento durante la inducción, mantenimiento o al despertar de la anestesia. La respuesta apropiada es administrar 100% de oxígeno, estar seguro que la ventilación es adecuada usando ventilación manual y entonces corregir el factor que está produciendo la hipoxia del paciente.

Por ejemplo, si el paciente tiene obstruida su vía aérea y es incapaz de introducir oxígeno en sus pulmones, el problema solo se solucionará cuando la vía aérea se desobstruya.

Siempre que el paciente tiene saturaciones bajas de oxígeno, administre oxígeno a flujo alto y considere el 'ABCDE':

- **A – Vía aérea** sin obstrucción?
- **B – Ventilación** adecuada?
- **C - Circulación** está normal?
- **D – Drogas** causantes de problemas?
- **E - Equipamiento** funcionando apropiadamente?

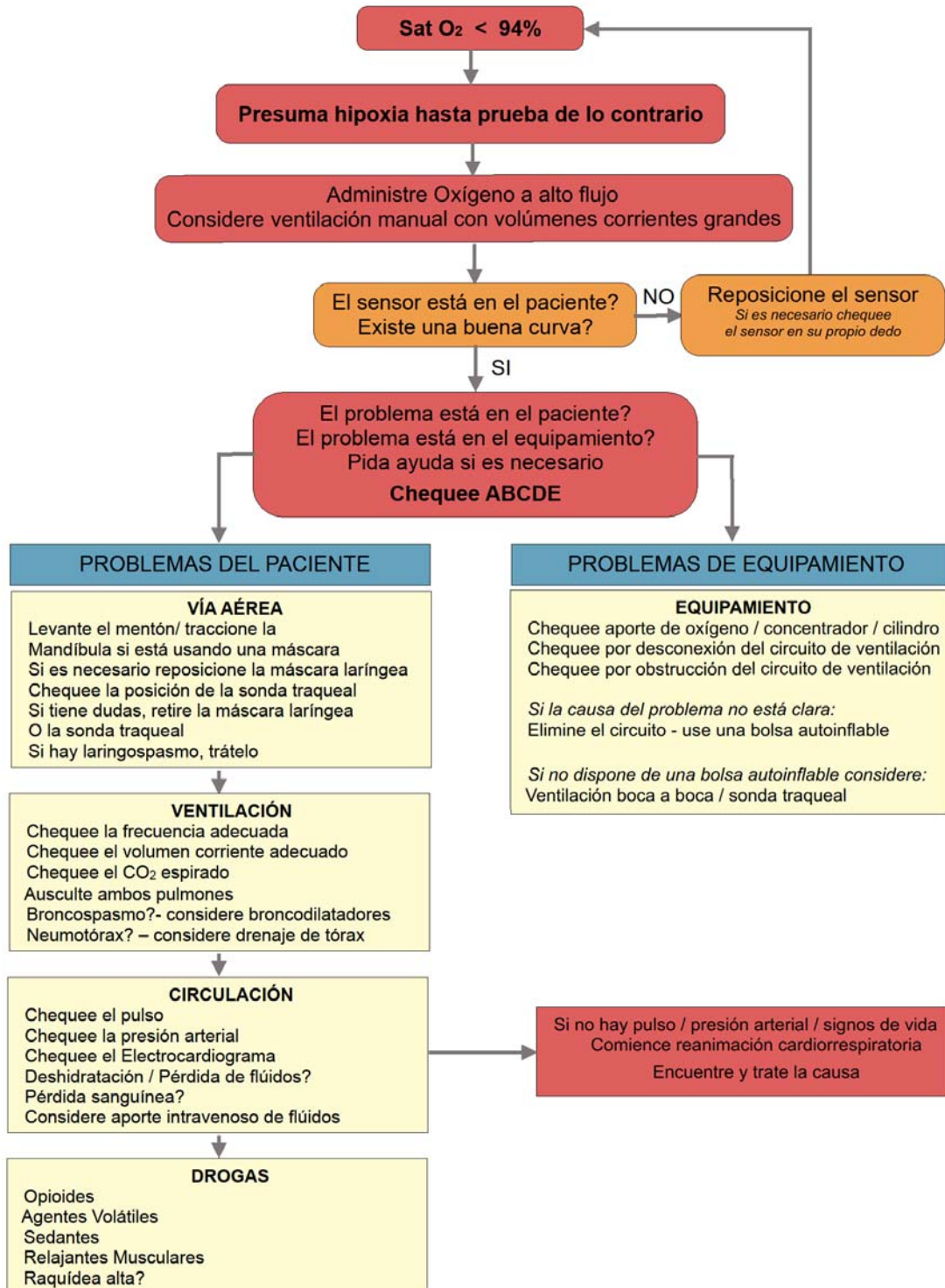
Usted debe responder inmediatamente a la hipoxia dando más oxígeno, asegurando una adecuada ventilación manual, pidiendo ayuda y chequeando la secuencia 'ABCDE'.

Trate cada elemento de la secuencia a medida que usted la chequea. Después de que usted haya completado por primera vez todos los chequeos, comience nuevamente y rechequélolos hasta que usted esté satisfecho de que el estado del paciente haya mejorado.

La OMS ha puesto esto en una cartilla (abajo) para ayudarlo a recordar qué mirar para una secuencia lógica. En una emergencia, puede no haber tiempo para leer todo el protocolo. Usted debería pedirle a un colega que la lea en voz alta para asegurarse de que no se ha olvidado de algo.

Punto de Aprendizaje: Si la SatO₂ es menor de 94%, administre oxígeno al 100%, ventile a mano y considere el ABCDE

MANEJO DE LA SATO2 < 94%



ACCIONES A TOMAR SI LA SATURACION DE OXÍGENO ES 94% O MENOR

Si la saturación de oxígeno es 94% o menor, se debe administrar Oxígeno al 100%, ventilar a mano, considerar si el problema es con el paciente o el equipamiento, después chequee el plan 'ABCDE', evaluando cada factor y corrigiéndolo inmediatamente.

Oxígeno

Administre oxígeno a alto flujo si la SatO₂ es menor de 94%

A – La vía aérea está desobstruída?

- Está el paciente ventilando tranquilamente sin signos de obstrucción?
- Hay signos de laringospasmo? (laringospasmo moderado – sonido agudo inspiratorio; laringospasmo severo – silencio, el gas no pasa entre las cuerdas vocales)
- Hay vómito o sangre en la vía aérea?
- Está el tubo traqueal en el lugar correcto?

Acción

- Asegúrese de que no hay obstrucción.
 - Si se está ventilado con máscara - levante el mentón, traccione la mandíbula
 - Considere una cánula oro o nasofaríngea
 - Chequee laringospasmo y trátelo si es necesario
 - Chequee la sonda traqueal o la máscara laríngea – si tiene alguna duda acerca de la posición, remuévala y use una máscara facial común.
- aspire la vía aérea y límpiela de secreciones.
- Considere despertar al paciente si tiene dificultades para mantener la vía aérea inmediatamente después de la inducción de la anestesia.
- Considere intubación.
- Si usted no “puede intubar, no puede ventilar”, se requiere una vía aérea quirúrgica de emergencia.

La obstrucción de la vía aérea es la causa más común de hipoxia en sala de operaciones.

La obstrucción de la vía aérea es de diagnóstico clínico y se debe actuar rápidamente. La intubación esofágica no reconocida es una causa mayor de morbilidad y mortalidad anestésica. Un paciente intubado que estaba hasta ese momento bien saturado puede volverse hipóxico si la sonda traqueal se desplaza, se tuerce o se obstruye por secreciones.

Chequee la sonda traqueal y - **'Si tiene dudas, sáquela'**

B – Está el paciente ventilando adecuadamente?

Mire, escuche y sienta:

- El movimiento torácico y el volumen corriente son adecuados?
- Escuche ambos pulmones – hay entrada bilateral de aire normal? Los ruidos respiratorios son normales? Hay silbidos o sonidos agregados?
- El movimiento torácico es simétrico?
- La anestesia está produciendo depresión respiratoria?
- Una raquídea alta está causando distress respiratorio?

Broncospasmo, consolidación /colapso del pulmón, traumatismo del pulmón, edema pulmonar o neumotórax pueden impedir que el oxígeno llegue al alvéolo para combinarse con la hemoglobina. Drogas como los opioides, agentes bloqueantes neuromusculares revertidos en forma incompleta o anestesia inhalatoria profunda pueden deprimir la respiración. Una anestesia raquídea alta puede paralizar los músculos de la

respiración. En un niño chico, la distensión gástrica debida a la ventilación bajo máscara puede entorpecer al diafragma e interferir con la respiración. El tratamiento debe dirigirse al problema específico.

Acción

- Asista la ventilación con volúmenes corrientes adecuados para expandir ambos pulmones hasta que el problema sea diagnosticado y tratado en forma adecuada.
- Si hay suficiente tiempo, considere una placa de tórax para ayudar al diagnóstico.

El paciente deberá ser ventilado bajo máscara, máscara laríngea o sonda traqueal si la ventilación es inadecuada. Esto rápidamente revertirá la hipoventilación debida a las drogas o a una raquídea alta y producirá que un pulmón colapsado se reexpandan. La vía aérea baja deberá ser aspirada con catéteres apropiados para remover las secreciones. Se deberá pasar una sonda nasogástrica para aliviar la distensión gástrica.

Puede ocurrir un neumotórax luego de un trauma, de la inserción de una vía venosa central o de un bloqueo del plexo braquial por vía supraclavicular. Deberá sospecharse si hay entrada de aire reducida en el lado afectado. En pacientes delgados un sonido hueco a la percusión puede ser detectado. La placa de tórax es diagnóstica. Debe insertarse un drenaje de tórax para impedir que el neumotórax empeore. Cuando hay hipotensión asociada (neumotórax a tensión), se deberá tratar de emergencia por decompresión con aguja a través del segundo espacio intercostal en la línea medio clavicular sin esperar por una placa de tórax. Más adelante se podrá insertar un drenaje de tórax definitivo. Siempre tenga un alto índice de sospecha en casos de traumatismo.

C – La circulación es normal?

- Palpe un pulso y busque por signos de vida, incluyendo sangrado activo en el campo quirúrgico.
- Chequee la presión sanguínea
- Chequee la perfusión periférica y el tiempo de relleno capilar.
- Observe por signos de pérdida excesiva de sangre en los frascos de aspiración o en las compresas o apósitos
- La anestesia está demasiado profunda? Hay un bloqueo raquídeo alto?
- El retorno venoso está dificultado por compresión de la vena cava (útero grávido, compresión quirúrgica)
- Está el paciente en shock séptico o cardiogénico?

Se puede descubrir una circulación inadecuada por el pulsioxímetro, mostrando una pérdida o reducción de la onda del pulso o dificultar una señal de pulso.

Acción

- Si la presión sanguínea está baja, corríjala
- Chequee si hay hipovolemia
- Administre flúidos IV apropiados (salina normal o sangre de acuerdo a la indicación)
- Considere colocar al paciente cabeza abajo o piernas arriba o en la embarazada posición lateral izquierda.
- Considere un vasoconstrictor como la efedrina y la fenilefrina
- Si el paciente ha sufrido un paro cardíaco comience con la reanimación cardiopulmonar (RCP) y considere las causas reversibles (4 H's, 4T's: **H**ipotension, **H**ipovolemia, **H**ipoxia, **H**ipotermia; Neumotórax a Tension, Taponamiento cardíaco, efectos **T**óxicos (anestesia profunda, sepsis, drogas), Tromboembolismo pulmonar

D – Efectos de las Drogas

Chequee que todas las drogas anestésicas se hayan dado correctamente.

- Halothane excesivo (u otro agente volátil) causa depresión cardíaca.
- Los relajantes musculares deprimen la habilidad de ventilar si no son revertidos adecuadamente al final de la cirugía.
- Los Opioides y otros sedantes pueden deprimir la ventilación.

- La Anafilaxia produce colapso cardiovascular , a menudo con broncospasmo y rash de la piel. Esto puede ocurrir si al paciente se le administra una droga , sangre o solución coloidal artificial a la que el paciente es alérgico. Algunos pacientes son alérgicos al látex.

Acción

- Busque un efecto adverso vinculado a las drogas y trátelo apropiadamente.
- En caso de anafilaxia, detenga la administración del agente causante, ventile con oxígeno al 100%, administre solución salina intravenosa comenzando con un bolo de 10ml/kg, administre adrenalina y considere administrar corticoides, broncodilatadores y antihistamínicos.

E – El equipamiento trabaja correctamente?

- Hay algún problema con el sistema de aporte de oxígeno al paciente?
- El oxímetro muestra una señal de pulso adecuada?

Acción

- Chequee por obstrucción o desconexión del circuito anestésico o de la sonda traqueal.
- Chequee que el cilindro de oxígeno no esté vacío
- Chequee que el concentrador de oxígeno está trabajando adecuadamente
- Chequee que el aporte de oxígeno del hospital está trabajando adecuadamente
- Cambie el sensor a otro sitio; chequee que está trabajando adecuadamente probándolo en su propio dedo.

Si se percibe que el equipamiento anestésico está defectuoso , **use una bolsa auto inflable para ventilar el paciente con aire**, mientras se obtiene un nuevo equipamiento o nuevo aporte de oxígeno . Si ese equipamiento no está disponible, ventilar boca/sonda traqueal o boca/boca puede ser salvador.

Cuestionario 4 del Pulsioxímetro

Demuestre al instructor o a un colega:

1. Cómo cargar la batería del oxímetro y almacenar los accesorios listos para el uso clínico.
2. Cómo seleccionar el sensor más apropiado para el paciente.
3. Cómo aplicar el sensor al paciente correctamente.
4. ¿El indicador de la condición de la batería - qué muestra su lectura ?
5. Cómo encender el monitor y describir la rutina del auto-chequeo.
6. Las características de la pantalla principal.
7. Las características de la forma de onda o del indicador de pulso
8. Cómo ajustar los límites de las alarmas.
9. Cómo ajustar el volumen del sonido de pulso
10. Cómo encender y apagar la luz de fondo.

Conteste a las dos preguntas siguientes.

11. ¿Qué condiciones podrían causar lecturas inexactas?
12. ¿Cómo debería elegirse el sitio para colocar el sensor ?

Cuestionario 5 del Pulsioxímetro

Conteste a estas preguntas sobre la oximetría de pulso - las respuestas están al final de la página. Más de una respuesta puede estar correcta.

1. Lo que mide el oxímetro de pulso:
 - a. Nivel de la hemoglobina en sangre
 - b. La cantidad de oxígeno contenida en la sangre
 - c. Porcentaje de la hemoglobina saturada con oxígeno
 - d. Frecuencia cardíaca
 - e. Gasto cardíaco

2. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas (si es que hay alguna) sobre el oxímetro?
 - a. Los sensores colocados en el oído tienden a leer valores más altos que en el dedo
 - b. Los sensores son costosos
 - c. Los sensores se pueden limpiar suavemente con agua jabonosa
 - d. Si una señal no está presente, el sensor está siempre fallando
 - e. El esmalte de uñas no afecta la función del sensor

3. ¿Cuáles de las siguientes pueden causar lecturas falsas en el oxímetro del pulso?
 - a. Pacientes de raza negra
 - b. Frecuencia de pulso alta con presión arterial normal
 - c. Luces del ambiente directas sobre los sensores
 - d. Envenenamiento por monóxido de carbono
 - e. Tratamiento con oxígeno

4. Saturación de oxígeno:
 - a. Debe siempre estar en 100% durante la anestesia
 - b. Está normalmente por encima de 95% en un niño de 2 años sano
 - c. Está normalmente en menos de 93% en pacientes de 70 años
 - d. Solamente está seriamente baja cuando está por debajo del 75%
 - e. No es útil medirla durante la anestesia espinal para la cesárea

5. Lo que sigue puede reducir la posibilidades de una lectura correcta del oxímetro:
 - a. Fiebre
 - b. Hipertensión
 - c. Enfermedad de "células falciformes"
 - d. Arritmia
 - e. Hipovolemia

Las respuestas correctas son

1. c, d
2. b, c
3. c, d
4. b
5. d, e

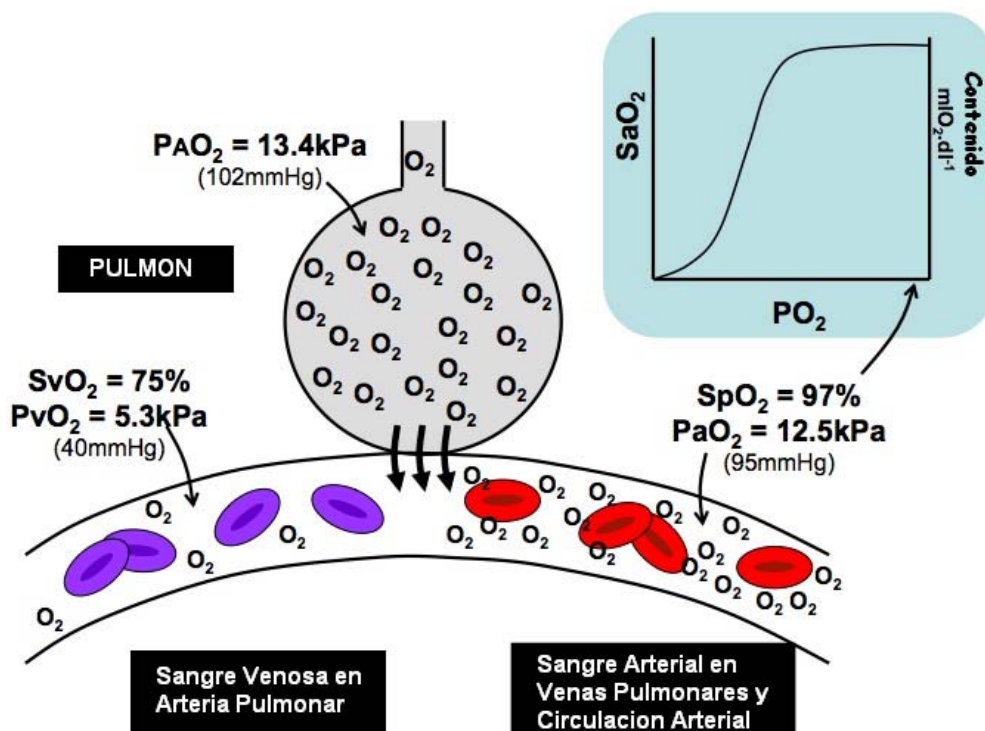
APÉNDICE 1. LA CURVA DE DISOCIACIÓN OXÍGENO/HEMOGLOBINA Y LECTURAS ADICIONALES

Esta sección contiene información adicional sobre la manera en que funciona la hemoglobina y cómo la $SatO_2$ se relaciona con los gases en sangre arterial. Hay también en este apéndice un número de referencias para la lectura adicional que se puede obtener vía Internet.

Gases en sangre arterial y $SatO_2$

Según lo explicado previamente, el oxímetro de pulso mide la saturación de oxígeno con la hemoglobina en sangre arterial. Un analizador del gas en sangre se puede utilizar para medir el contenido de oxígeno en una muestra de la sangre (gases en sangre arterial o gasometría arterial). El analizador de gases en sangre describe el contenido del gas como presión parcial. Mide la presión parcial del oxígeno (PaO_2) y dióxido de carbono ($PaCO_2$), el pH de la sangre y la concentración del bicarbonato.

¿Qué es presión parcial? - La atmósfera se compone de una mezcla de gases en una presión de una atmósfera, 101 kPa o 760 mmHg. El oxígeno es el 21% de la atmósfera y la presión parcial del oxígeno en el aire es 21 kPa o 150 mmHg. Cuando la sangre se expone a los gases, el gas entra en la sangre a través de un gradiente de la presión. La presión parcial del dióxido de carbono y del oxígeno en sangre puede ser medida colocando una muestra de sangre en una "máquina sangre-gas" la cual se utiliza para determinar la eficacia de la oxigenación y la ventilación. La saturación de oxígeno medida con un pulsioxímetro es una medición más útil y minuto a minuto de la oxigenación, pero no da ninguna información sobre el CO_2 o el pH.



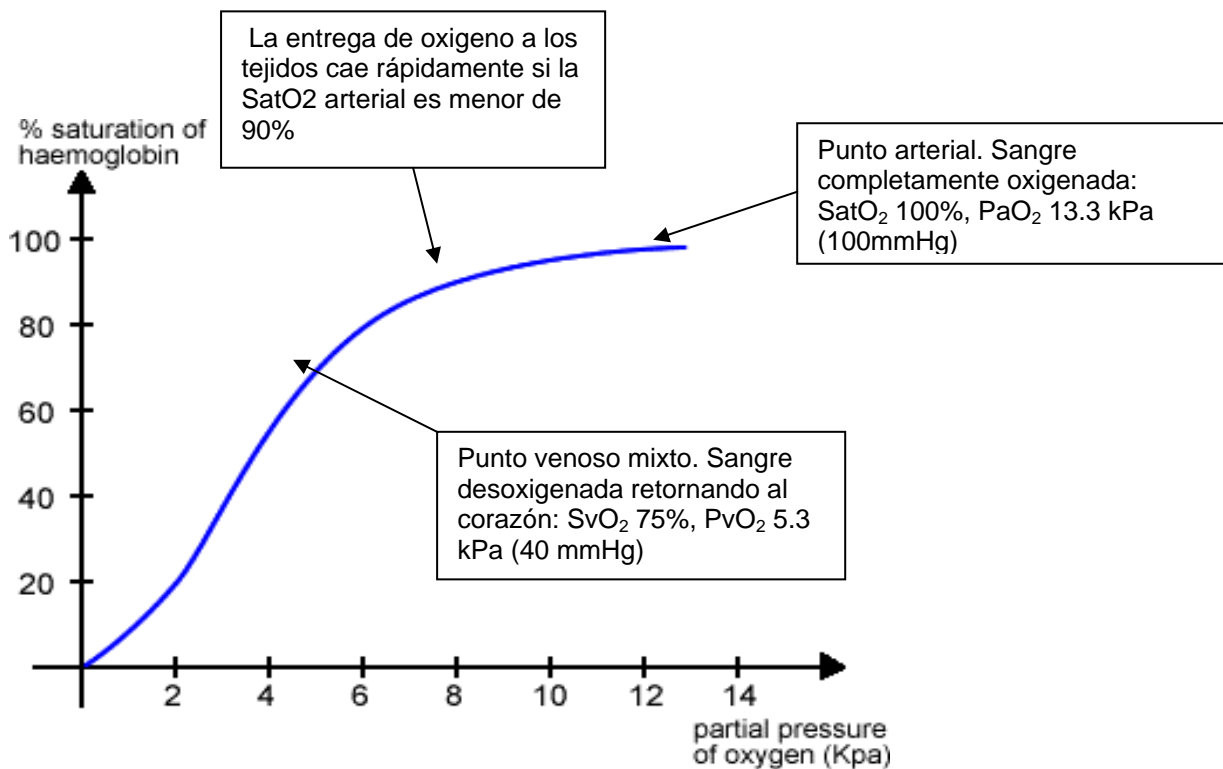
LA CURVA DE LA DISOCIACIÓN DEL OXÍGENO DE LA HEMOGLOBINA

La relación entre la presión parcial del oxígeno y la saturación del oxígeno se demuestra por la curva de disociación del oxígeno. Mientras que la presión parcial del oxígeno en sangre aumenta, también lo hace la saturación de oxígeno. La forma sigmoidea de la curva de la disociación del oxígeno refleja la interacción cooperativa entre la hemoglobina y las moléculas de oxígeno.

Algunos analizadores arteriales de gases utilizan la presión parcial de oxígeno para estimar la saturación de la hemoglobina en el analizador de una computadora, pero esta medida no es tan exacta como cuando se usa un oxímetro.

El intercambio gaseoso ocurre en los pulmones. Los pulmones se recargan con oxígeno fresco con cada respiración. El oxígeno en una presión parcial alta (PaO_2 13 kPa o 100 mmHg) conduce a dicho gas hacia la hemoglobina hasta que se satura en un 95 - 100%. La hemoglobina libera oxígeno a medida que la sangre pasa a través de los tejidos. La presión parcial de oxígeno en la sangre que vuelve de los tejidos (sangre venosa mezclada) es mucho más baja que en la sangre arterial (PaO_2 5.3 kPa o 40 mmHg).

La curva de la disociación de oxígeno es inicialmente escarpada, y después se aplana hacia fuera (forma sigmoidea). El aspecto más importante de la curva de disociación de oxígeno es que, a medida que las lecturas del oxímetro caen por debajo de 90%, la presión parcial del oxígeno en sangre cae rápidamente y la entrega de oxígeno a los tejidos se reduce lo que puede conducir al paro cardíaco. Usted debe intervenir rápidamente si la saturación de oxígeno cae debajo del 90%.



LECTURA ADICIONAL SOBRE LA PULSIOXIMETRÍA

1. Fearnley SJ. Oximetría de pulso. Actualización en anestesia
http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u05/u05_003.htm
2. Colina E, Stoneham MD. Usos prácticos del pulsioxímetro.
http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u11/u1104_01.htm
3. Principios de pulsioximetría. <http://www.oximeter.org/pulseox/principles.htm>