

Anaesthesia Tutorial of the Week

Education for anaesthetists worldwide

Выпуск № 123

Ноябрь 2015 г.

Оригинальный выпуск: 2 марта 2009 г.

Пульсоксиметрия (часть 1)



Редактор английского издания: Bruce McCormick

Редактор русского издания: В. В. Кузьков

Технический редактор: А. А. Ушаков

Перевод: Д. А. Строкин (Архангельск)

Всемирная федерация обществ анестезиологов

World Federation of Societies of Anaesthesiologist (WFSA)

Пульсоксиметрия (часть 1)

Dr. Iain Wilson

Royal Devon & Exeter Hospital,

e-mail: iain.wilson@rdefh.nhs.uk

Вопросы

Пульсоксиметрия используется каждый день в операционной и палате постнаркозного пробуждения. Перед ознакомлением с этой темой, вы должны оценить как много вы знаете о работе оксиметра свои знания о пульсоксиметрии.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Как кислород транспортируется из атмосферы в ткани?
2. Какая нормальная сатурация гемоглобина артериальной крови?
3. Что такое преоксигинация?

Пациент находится под общей анестезией по поводу грыжесечения с сатурацией 82% в течение операции. Находится ли этот показатель выше или ниже нормального значения? Какие действия необходимо выполнить в данной ситуации?

Кислород

Человеку требуется кислород для жизнедеятельности. Все органы требуют кислород для своего метаболизма, но мозг и сердце особенно чувствительны к нехватке кислорода. Нехватка кислорода в организме называется гипоксия. Серьезный дефицит кислорода в течение нескольких минут фатален.

Во время анестезии может развиваться обструкция дыхательных путей пациента, депрессия дыхания. Кровообращение может нарушаться из-за кровопотери или нарушении ритма сердца. Могут происходить такие проблемы как дисконнекция или обструкция дыхательного контура. Эти факторы могут уменьшать доставку кислорода в ткани при корректной регуляции и приводить к смерти или повреждению. Ранняя диагностика и лечение этих проблем позволяют минимизировать вред для пациента.

Транспорт кислорода к тканям

Кислород переносится в теле в связанном виде с железосодержащим протеином — гемоглобином, который содержится в эритроцитах. После вдоха кислород попадает в легкие, и соединяется с гемоглобином в эритроцитах, при прохождении их через легочные капилляры. Сердце постоянно прокачивает кровь по телу, доставляя кислород тканям.

Существует пять важных факторов, которые необходимы для достаточной оксигинации тканей:

- Кислород должен поступить при вдохе из воздуха или дыхательного контура в легкие.
- Кислород должен пройти из воздушного пространства легких (альвеолы) в кровь. Этот процесс называется альвеолярный газообмен.
- Для переноса в ткани связанного кислорода кровь должна содержать достаточное количество гемоглобина.

- Сердце должно быть способно изгнать достаточное количество крови к ткани, для соответствия потребностям пациента.
- Объем крови должен быть достаточным для доставки оксигенированной крови, распределяемой по тканям.

Как много кислорода несет кровь?

У здорового пациента:

- Каждый грамм гемоглобина связывает 1,34 мл кислорода. Поэтому в крови с нормальной концентрацией гемоглобина 150 г/л, 100 мл крови переносит приблизительно 20 мл кислорода, связанного с гемоглобином.
- В дополнение, небольшое количество кислорода растворено в плазме.
- Сердце прокачивает приблизительно 5000 мл/мин крови через ткани у взрослых средней массы тела. Этот объем доставляет 1000 мл кислорода тканям в минуту.
- Клетки тканей поглощают кислород из крови для метаболизма; в норме около 250 мл кислорода в минуту. Это означает, что если кислород не обменивается в легких, запасов кислорода достаточно на 3 мин (только 75% кислорода переносимого гемоглобином пригодно для тканей).

Дыхание 100% кислородом перед индукцией в анестезию (преоксигенация) повышает запасы кислорода в легких. Если пациент перестает дышать и не вентилируется, количество кислорода в легких быстро уменьшается. Если пациент получает 100% кислород в течение нескольких минут перед индукцией в анестезию, повышая запасы необходимого кислорода, добавляется несколько безопасных минут. Существуют множество ситуаций, при которых этот фактор становится

значительным. Например, у беременных женщин с большой маткой, уменьшается объем легких и метаболизм повышается за счет развивающегося плода. Другой пример, данный фактор значителен у маленьких детей со сниженным объемом легких и повышенные метаболическими потребностями. Они используют кислород очень быстро и могут быть резистентны к попыткам преоксигенации.

Пациенты с анемией имеют низкий уровень гемоглобина и поэтому не способны нести достаточное количество кислорода в крови. Когда уровень гемоглобина падает ниже 60 г/л, доставка кислорода может стать ниже, чем потребность его в тканях. Пациенты, имеющие большую кровопотерю во время оперативного вмешательства, должны получать 100% кислород для дыхания. Это повышает количество растворенного кислорода в крови и улучшает доставку кислорода в ткани. Переливание крови в данной ситуации спасительная для жизни процедура.

Что такое насыщение гемоглобина кислородом?

Эритроциты несут гемоглобин. Одна молекула гемоглобина способна нести четыре молекулы кислорода, после чего она описывается как «насыщенная» кислородом. Если все места связывания молекулы гемоглобина несут кислород, тогда сатурация гемоглобина равна 100%. Большая часть гемоглобина связывается с кислородом, проходя через легкие. Здоровый человек с нормальными легкими, дышащий воздухом, имеют сатурацию кислорода 95–100 %. Венозная кровь, протекая через ткани, содержит сниженный уровень кислорода, и в норме имеет сатурацию около 75 %. (см. раздел 1).

Артериальная кровь имеет более алый оттенок чем венозная. Различия в цвете возникают вследствие разницы сатурации гемоглобина. Когда пациенты имеют хорошую сатурацию, слизистые краснеют, при десатурации они становятся синими. Этот феномен называется цианоз. Однако существует сложность в определении цианоза клинически, особенно у чернокожих пациентов, и вы можете не заметить этот признак даже при сатурации ниже 90%. В плохо освещенной операционной определить цианоз куда более сложно!

Цианоз становится визуально определим при концентрации гемоглобина больше чем 50 г/л. У сильно анемизированных пациентов может не возникать цианоза, даже когда имеется экстремальная гипоксия с низким уровнем гемоглобина, проходящего через ткани.

В течении анестезии сатурация кислорода должна быть на уровне 95–100%. Если сатурация кислорода 94% или ниже, пациенту в гипоксии требуется немедленная интенсивная терапия. Сатурация ниже, чем 90% является неотложной ситуацией.

Что измеряет пульсоксиметр?

Имеется следующие два количественных признака, которые можно обнаружить на экране пульсоксиметра:

Очень трудно определить цианоз клинически вплоть до сатурации 90%. У пациентов с большой анемией может не возникнуть цианоза, даже если сатурация кислорода на низком уровне.

Сатурацию гемоглобина в артериальной крови. Сатурация кислорода определяется вместе с аудио сигналом, который различен при различной сатурации кислорода. Падение индикатора определяет падение сатурации. Обнаружено, что периферическая оксиметрия на пальце, щеке или ухе в результате считывает периферическую сатурацию кислорода, описываемую как SpO₂.

Частота пульса в течение минуты, ранжируется от 5 до 20 секунд. Некоторые оксиметры отражают на дисплее пульсовую волну, что характеризует силу определяемого пульса. Эти дисплеи показывают, что ткани хорошо перфузируются. Громкость сигнала и высота пульсовой кривой падают при неадекватной циркуляции.

Пульсоксиметр

Пульсоксиметр состоит из монитора, содержащего батарею и дисплей, и датчика, который определяет пульс.

Это фото показывает типичный пульсоксиметр. Экран показывает что SpO₂ 98% и пульс 72 удара в минуту.

Монитор пульсоксиметра

Монитор содержит микропроцессор и дисплей. Дисплей показывает сатурацию кислорода, частоту пульса и пульсовую кривую, определяемую сенсором. Монитор подключен к датчику на пациенте.

Во время использования, монитор обновляет данные о кровообращении, немедленно считывает сатурацию кислорода и частоту пульса. Постоянно



Рисунок 1. Монитор пульсоксиметра

Ответьте на вопросы:

1. Какие два показателя измеряет пульсоксиметр?
2. Что отображаться на экране пульсоксиметра?
3. Из каких двух частей состоит пульсоксиметрическая проба?

отображаемая пульсовая волна дает информацию о циркуляции. Изменение аудио сигнала коррелирует с объемом сатурации кислорода и очень важно для безопасности пациента. Сигнал падает когда сатурация опускается и поднимается при ее восстановлении. Это позволяет вам слышать изменения в сатурации кислорода немедленно, без необходимости постоянного наблюдения за монитором.

Монитор хрупок. Он чувствителен к перевозке и повышению температуры, и может быть поврежден при попадании в него жидкости. Монитор можно очищать, осторожно протирая влажной тканью. Когда он не используется, он должен быть подключен к электрической сети, для восстановления заряда батареи.

Оксиметрический датчик

Датчик оксиметра состоит из двух частей, светоизлучающего диода (*Light Emitting Diodes-LED*) и фотодетектора. Лучи света просвечивают ткань между двумя сторонами датчика. Кровь и ткань поглощают некоторую часть испускаемого света. Поглощение света кровью варьирует с сатурацией гемоглобина. Фотодетектор определяет передаваемый свет, когда кровь пульсирует через ткани и микропроцессор считает объем сатурации кислорода (SpO_2).

Для функционирования пульсоксиметра, датчик должен быть установлен в место где определяется пульс. LED должен быть обращен в направлении фотодетектора, определяющего свет, проходящий через ткани. Датчик испускает красный свет при включении; убедитесь в наличии света, для того чтобы быть уверенным, что датчик работает правильно.

Датчики проектируются для использования на пальце, щеке и мочке уха. Существуют множество типов датчиков, показанных на фото. Пластиковые датчики наиболее популярны, но они легко повреждаются. Резиновые датчики крепче. Оборачиваемый, датчик может ограничить кровоток в пальце при плотном пролегании. Ушные датчики легки и используются у детей или пациентов с вазоконстрикцией. Небольшие датчики были разработаны для детей, но взрослые датчики могут быть использованы на большом пальце руки или ноги ребенка. Для пальцевых датчиков, правильное направление ногтевого ложа определяется фирмой производителем.

Оксиметрический датчик наиболее деликатная часть пульсоксиметра и легко повреждается. Держите датчик осторожно и никогда не оставляйте его там, где

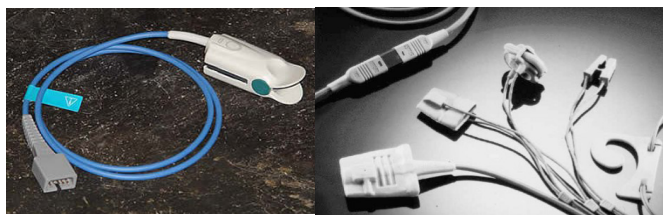


Рисунок 2. Пальцевой резиновый датчик с коннектором, Ушной датчик, который подключается к пульсоксиметру.

Для получения удовлетворительных данных, датчик должен излучать красный свет и должен быть правильно расположен, для определения потока крови.

он может упасть на пол. Датчик соединяется с оксиметром серией очень тонких проводов, которые легко могут быть повреждены – смотри фото. Всегда выравнивайте соединение правильно перед попыткой подключения к монитору. Никогда не тяните датчик от оборудования, потянув за кабель; всегда крепко зажимайте соединение между большим и указательным пальцами.

Когда оксиметр не используется, датчик с кабелем должны быть свернуты для хранения или переноски, но не должны быть свернуты слишком крепко, т.к. это скорее всего приведет к повреждению. Линза и детектор должны быть чистыми. Используйте мыльный раствор или спирт для удаления пыли, пота или крови с датчика.

Практическое использование пульсоксиметра

- При включении пульсоксиметра он калибруется и проверяется.
- Выберите подходящий датчик с особым вниманием к правильному размеру и определитесь с местом установки (обычно это палец на руке или ноге, или же ухо). Если это палец руки или ноги, убедитесь, что кожа в данном месте чиста. При необходимости удалите лак с ногтевой пластины.
- Устанавливайте датчик осторожно; убедитесь что он легко устанавливается не слишком свободно и без лишнего натяжения. Желательно выбирать руку на которой не установлена манжета для мониторинга артериального давления.
- В работе пульсоксиметра допускается несколько секунд паузы для определения пульса и подсчета сатурации.
- Отображаемая пульсовая кривая или числовое значение пульса говорят об обнаружении аппаратом пульса. Без пульсового сигнала, все данные бессмысленны.
- После обнаружения хорошего пульса, сатурация кислорода и частота пульса отобразятся на мониторе.
- Подобно всем машинам, пульсоксиметр может время от времени давать ложные данные – в сомнительных случаях, полагайтесь на свой клинический опыт, а не на прибор.
- Работоспособность датчика может быть проверена, его установкой на ваш собственный палец.
- Отрегулируйте громкость звука пульсового сигнала до комфортного вам уровня, но никогда не отключайте звук.

Если вы не уверены что датчик работает правильно, проверьте его на собственном пальце

Во время анестезии SpO_2 должна быть 95% или выше. Если SpO_2 94% или ниже, пациент должен быть быстро осмотрен для определения и лечения проблем. SpO_2 менее 90% это клинически угрожаемая ситуация и должна быть устранена незамедлительно!

Дополнительное использование кислорода при анестезии часто необходимо. Однако нужно понимать, что он часто маскирует гиповентиляцию. Клиническая бдительность необходима для обеспечения адекватной вентиляции, особенно в условиях отсутствия капнографа

- Всегда убеждайтесь, что сигнал тревоги не отключен.

Если после установки датчика на палец, сигнал не был получен, убедитесь в том что:

- Датчик работает и корректно установлен. Попробуйте иное место установки.
- У пациента низкая перфузия?
- Проверьте сердечный выброс, особенно у пациентов с гиповолемией, болезнями сердца или септическим шоком. Если имеется гипотензия, пациент требует немедленной интенсивной терапии. Сигнал восстановится, когда клиническое состояние больного улучшается.
- Проверьте температуру пациента. Если пациент или конечности холодные, аккуратное обтирание пальца или уха может восстановить сигнал.

Что может дать тревога на аппарате пульсоксиметра?

Тревога предупреждает анестезиолога о таких клинических проблемах, как:

- Критически низкий уровень сатурации (гипоксия), т.е. SpO_2 менее 90%.
- Отсутствие определяемого пульса.
- Брадикардия.
- Тахикардия.

Сатурация кислорода у здоровых пациентов в любом возрасте должна быть 95% или выше.

«Нет пульса» тревога срабатывает, когда датчик спадает с пальца, но это также может указывать на гипотензию, гиповолемию или возникновение остановки сердца. Быстро проверьте расположение датчика, оцените состояние пациента по алгоритму — ABC.

«Тревога по пульсу» позволяет анестезиологу знать, как бьется сердце, слишком быстро или медленно. Однако, при возникновении тревоги анестезиолог должен всегда замечать ненормальный ритм, перед возникновением сигнала тревоги.

Дети в норме имеют более высокую ЧСС, чем у взрослых, но одинаковую сатурацию кислорода, показанную в таблице ниже.

Целевые уровни тревоги могут быть установлены для облегчения анестезии при неадекватном обезболивании, использовании атропина, кетамин, при

Гиповолемия наиболее частая причина снижения сигнала пульс оксиметра в течении анестезии. Гипотермия, также рассматриваемая в качестве причины, должна быть устранена незамедлительно!

гиповолемии, лихорадке или аритмии. Тревога на вторичную брадикардию может быть установлена при вагальной стимуляции: при натяжении брюшины, раздражении окулокардиального рефлекса или интубации трахеи (особенно у детей), или в случае глубокой анестезии (особенно галотановой), или резкой гипоксии. Также не стоит забывать о спортсменах и пациентах, принимающих β -блокаторы, они склонны к сниженную частоты сердечного ритма.

Какие факторы могут вмешиваться в работу пульсоксиметра?

Несколько факторов могут влиять на корректную работу пульсоксиметра:

- **Внешние источники света.** Яркий свет (от ламп в операционной или солнечный свет) направленный на детектор может нарушать его работу. Укрывайте датчик от прямых источников света.
- **Движения (дрожь / озноб)** могут приводить к нарушению проведения сигнала.
- **Объем наполнения пульса.** Оксиметр определяет только пульсовой поток. Когда давление крови снижается в следствии гиповолемического шока или снижения сердечного выброса у пациентов с аритмиями, пульс может сильно ослабнуть, и не определиться пульсоксиметром.
- **Вазоконстрикция** уменьшает ток крови на периферии. Чувствительность оксиметра может снижаться у пациентов с гипотермией и периферической вазоконстрикцией.
- **Отравление угарным газом** дает ложно завышенные показатели сатурации. Монооксид углерода очень хорошо связывается с гемоглобином, формируя ярко красное соединение карбоксигемоглобин. Он неправильно определяется оксиметром как оксигемоглобин, и оксиметр может определить 100%

Таблица 1. Нормальные границы ЧСС и SpO_2 в разных возрастных группах.

Возраст	Нормальная ЧСС	Нормальная сатурация
Новорожденность— три месяца	85–200	В любом возрасте SpO_2 должна быть 95% или выше
3 месяца–2 года	100–180	
2–10 лет	60–140	
Старше 10 лет	50–100	
Взрослые	50–100	

сатурацию, даже когда реальная сатурация кислорода очень низка и пациент находится в глубокой гипоксии. Это возникает у пациентов после вдыхания дыма при пожаре.

Что не измеряет пульсоксиметр?

Пульсоксиметр не дает прямой информации о частоте дыхания, дыхательном объеме, сердечном выбросе или артериальном давлении. Однако, он непрямо

указывает на факторы десатурации, которая может быть определена с помощью пульсоксиметра.

Пульсоксиметр нормально функционирует при анемии. У экстремально анемизированных пациентов, сатурация кислорода остается нормальной (95–100 %), но они не имеют достаточно гемоглобина для переноса кислорода к тканям. В течении анестезии пациенту подается 100% кислород при дыхании, улучшая доставку кислорода к тканям, увеличивая количество растворенного кислорода в крови.