

Р.В. Бузунов | И.Л. Иванова  
Ю.Н. Кононов | С.А. Лопухин  
Н.И. Максимов | А.Т. Пименов

# КОМПЬЮТЕРНАЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ ДЫХАНИЯ ВО СНЕ

УЧЕБНОЕ  
ПОСОБИЕ

Ижевск  
ИГМА  
2013

**Компьютерная пульсоксиметрия  
в диагностике нарушений  
дыхания во сне: учебное пособие**

«Автор»

2013

Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне: учебное пособие / «Автор», 2013

[\\_\\_GoBack](#) В пособии описаны физиологические, технические и клинические аспекты компьютерной пульсоксиметрии. Значительное внимание уделено интерпретации данных мониторинга сатурации во сне в различных клинических ситуациях. Рассмотрены вопросы организации массового скрининга расстройств дыхания во сне с использованием компьютерной пульсоксиметрии. Пособие предназначено для врачей-терапевтов, пульмонологов, неврологов, кардиологов, эндокринологов, оториноларингологов, реаниматологов и других специалистов, в работе которых может потребоваться мониторинг сатурации во сне, а также для студентов медицинских вузов.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение                                    | 6  |
| Список сокращений                           | 8  |
| Основы пульсоксиметрии                      | 9  |
| Ограничения и погрешности метода            | 10 |
| Мониторинговая компьютерная пульсоксиметрия | 11 |
| Конец ознакомительного фрагмента.           | 13 |

# **Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне: учебное пособие**

©Р. В. Бузунов, И. Л. Иванова, Ю. Н. Кононов и др., составление, 2013

©ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия», 2013

*Все права защищены. Никакая часть электронной версии этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, для частного и публичного использования без письменного разрешения владельца авторских прав.*

## Введение

За сутки человек делает около 20 000 вдохов, вдыхая  $10 \text{ м}^3$  воздуха. Сердце сокращается за то же время около 100 000 раз и прокачивает 6 тонн крови. Такая титаническая работа нужна для обеспечения единственного показателя – насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом (сатурация), который является важнейшим параметром жизнедеятельности организма.

Мы можем прожить без пищи около месяца, без воды – около 7 дней. В организме создаются запасы жира и жидкости на случай отсутствия пищи и воды. К сожалению, природа не предусмотрела возможности накопления запасов кислорода в организме. Так, уже через 3 минуты отсутствия дыхания полностью истощается запас кислорода в организме, и человек умирает.

Даже небольшие нарушения работы легких и сердца постепенно приводят к развитию хронического недостатка кислорода в организме (гипоксемия), который отрицательно сказывается практически на всех органах и системах организма. Человека беспокоят головные боли, отмечается снижение работоспособности, ухудшение памяти и внимания, сон становится прерывистым и неосвежающим, появляется дневная сонливость. Значительно увеличивается риск развития артериальной гипертензии, нарушений ритма сердца, инфарктов и инсультов.

Обычно первые признаки гипоксемии появляются при физической нагрузке или во время сна. Очевидно, что работа мышц приводит к увеличению потребления кислорода. Если легкие или сердце не способны обеспечить растущую потребность организма в кислороде, то развивается гипоксемия.

Сон провоцирует развитие гипоксемии, поскольку в это время межреберные мышцы выключаются из акта дыхания, и работает одна диафрагма. Если же у человека имеется избыточная масса тела, то в горизонтальном положении избыточные отложения жира в области живота давят на диафрагму, смещают ее в сторону легких и существенно ограничивают ее подвижность. Легкие не могут расправиться и не обеспечивают необходимый уровень вентиляции.

Кроме этого во время сна возрастает бронхиальное сопротивление, что также отрицательно сказывается на функции дыхания. Нарушение бронхиальной проходимости ночью особенно выражено у пациентов с бронхиальной астмой, хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), хроническим бронхитом, эмфиземой и пневмосклерозом.

Закономерно ухудшаются показатели насыщения крови кислородом во время сна у больных с недостаточностью кровообращения. Характерным проявлением этих нарушений является неравномерное дыхание с циклическими апноэ центрального генеза (например, дыхание Чейна – Стокса).

У полных людей во сне часто встречается еще одно опасное состояние – периодическое спадение дыхательных путей на уровне глотки, которая сдавлена снаружи жиром. Данное заболевание называется синдромом обструктивного апноэ сна (СОАС) и проявляется храпом, периодическими остановками дыхания во сне с последующими громкими всхрапываниями. Каждая остановка дыхания, в свою очередь, приводит к кратковременному выраженному падению насыщения гемоглобина крови кислородом – эпизоду десатурации. За ночь может наблюдаться несколько сотен таких эпизодов.

В целом распространенность клинически значимых нарушений дыхания во сне достигает 15 % у пациентов терапевтического профиля в стационаре [3–5]. В настоящее время стандартными методами диагностики нарушений дыхания во сне являются полисомнография и кардио-респираторный мониторинг. Однако их применение ограничено высокой стоимостью исследований и малой доступностью оборудования для практического здравоохранения.

В последние годы в мире широкое распространение получила компьютерная пульсоксиметрия (МКП), позволяющая мониторировать сатурацию во время ночного сна. МКП является простым и эффективным методом скрининговой диагностики расстройств дыхания во сне, который показал высокую эффективность при минимальных затратах материальных и человеческих ресурсов. В пособии представлены современные взгляды на возможности МКП в скрининговой диагностике нарушений дыхания во сне.

## Список сокращений

- АД – артериальное давление  
ДКТ – длительная кислородотерапия  
ИАГ – индекс апноэ / гипопноэ  
ИД – индекс десатураций  
МКП – мониторинговая компьютерная пульсоксиметрия  
ОФД – отделение функциональной диагностики  
ПСГ – полисомнография  
СОАС – синдром обструктивного апноэ сна  
ХДН – хроническая дыхательная недостаточность  
ХНГ – хроническая ночная гипоксемия  
ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких ЧСС – частота сердечных сокращений  
ЭКГ – электрокардиография  
*BiLevel* – неинвазивная вспомогательная вентиляция терапия легких двухуровневым положительным давлением  
*CPAP* – неинвазивная вспомогательная вентиляция терапия легких постоянным положительным давлением  
SpO<sub>2</sub> – насыщение гемоглобина артериальной крови кислородом, измеренное неинвазивным методом

## ОСНОВЫ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ

Основным методом неинвазивного измерения сатурации является **пульсоксиметрия** – метод измерения процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови ( $SpO_2$ ). В клинической практике предлагается пользоваться терминами «насыщение артериальной крови кислородом» или «оксигенация артериальной крови», а сам параметр  $SpO_2$  обозначать термином «сатурация». В отечественной литературе существует некоторая путаница, обусловленная употреблением аббревиатур  $SpO_2$  и  $SaO_2$ . Употреблять сокращение  $SpO_2$  следует в том случае, когда речь идет о сатурации, измеренной неинвазивным методом, поскольку в этой ситуации результат измерения зависит от особенностей метода. Например,  $SpO_2$  при наличии в крови карбоксигемоглобина будет выше истинной величины сатурации. Термин  $SaO_2$  следует употреблять для обозначения истинной сатурации, измеренной лабораторным методом [1].

Работа пульсоксиметра основана на способности гемоглобина, связанного ( $HbO_2$ ) и не связанного ( $Hb$ ) с кислородом, абсорбировать свет различной длины волны. Оксигенированный гемоглобин больше абсорбирует инфракрасный свет, деоксигенированный гемоглобин больше абсорбирует красный свет. В пульсоксиметре установлены 2 светодиода, излучающих красный и инфракрасный свет. На противоположной части датчика располагается фотодетектор, который определяет интенсивность падающего на него светового потока. Измеряя разницу между количеством света, абсорбируемого во время систолы и диастолы, пульсоксиметр определяет величину артериальной пульсации. Сатурация рассчитывается как соотношение количества  $HbO_2$  к общему количеству гемоглобина, выраженное в процентах:

$$SpO_2 = (HbO_2 / (HbO_2 + Hb)) \times 100 \%$$

Показатели  $SpO_2$  коррелируют с парциальным давлением кислорода в крови ( $PaO_2$ ), которое в норме составляет 80–100 мм рт. ст. Снижение  $PaO_2$  влечет за собой снижение  $SpO_2$ , однако эта зависимость носит нелинейный характер:

- 80–100 мм рт. ст.  $PaO_2$  соответствует 95–100 %  $SpO_2$ ;
- 60 мм рт. ст.  $PaO_2$  соответствует 90 %  $SpO_2$ ;
- 40 мм рт. ст.  $PaO_2$  соответствует 75 %  $SpO_2$ .

В настоящее время в клинической практике применяются трансмиссионные пульсоксиметры (работающие на просвет ткани) и рефракционные (работающие на отражение света от ткани). Последние обладают рядом преимуществ: нет необходимости точно позиционировать излучающие и отражающие датчики друг напротив друга, не возникает проблем с накрашенными и накладными ногтями или изменениями ногтевой пластинки.

## Ограничения и погрешности метода

Пульсоксиметрия является непрямым методом оценки вентиляции и не дает информации об уровне рН и  $P_aCO_2$ . Таким образом, не представляется возможным оценить в полной мере параметры газообмена пациента, в частности степень гиповентиляции и гиперкапнии. Кроме этого на точность измерений могут оказывать отрицательное влияние ряд факторов [1]:

- Яркий внешний свет и движения могут нарушать работу прибора.
- Неправильное расположение датчика. Для трансмиссионных оксиметров необходимо, чтобы обе части датчика находились симметрично, иначе путь между фотодетектором и светодиодами будет неравным, и одна из длин волн будет «перегруженной». Изменение положения датчика часто приводит к внезапному «улучшению» сатурации. Этот эффект может быть связан с непостоянным кровотоком через пульсирующие кожные вены. Данного недостатка лишены рефракционные пульсоксиметры.
- Значительное снижение перфузии периферических тканей (шок, гипотермия, гиповолемия) ведет к уменьшению или исчезновению пульсовой волны. Если нет видимой пульсовой волны на пульсоксиметре, любые цифры процента сатурации малозначимы.
- Анемия требует более высоких уровней кислорода для обеспечения транспорта кислорода. При значениях гемоглобина ниже 5 г / л может отмечаться 100 % сатурация крови даже при недостатке кислорода.
- Отравление угарным газом (высокие концентрации карбоксигемоглобина могут давать значение сатурации около 100 %).
- Красители, включая лак для ногтей, могут спровоцировать заниженное значение сатурации (при использовании трансмиссионных пульсоксиметров).
- Трикуспидальная регургитация вызывает венозную пульсацию, и пульсоксиметр может фиксировать венозную пульсацию и сатурацию.
- При значениях сатурации ниже 70 % резко возрастает погрешность метода, т. к. в алгоритмах пульсоксиметров не имеется контрольных значений для сравнения.
- Сердечные аритмии могут нарушать восприятие пульсоксиметром пульсового сигнала.
- Следует отметить, что возраст, пол, желтуха и темный цвет кожи практически не влияют на работу пульсоксиметра.

## Мониторинговая компьютерная пульсоксиметрия

Мониторинговая компьютерная пульсоксиметрия (МКП) – метод длительной регистрации сатурации и пульса с сохранением данных в памяти прибора и их последующей компьютерной обработкой.

Для мониторинга применяются компьютерные пульсоксиметры, обеспечивающие регистрацию сигнала с дискретностью 1 раз в несколько секунд (от 1 до 10 секунд). Таким образом, за 8 часов наблюдения компьютерный пульсоксиметр может выполнить до 28 800 измерений и сохранить полученные данные.

К сожалению, в настоящее время в России мониторинговыми пульсоксиметрами оснащены, зачастую, только отделения реанимации и интенсивной терапии. Вне этих отделений МКП не нашла широкого применения. Причем проблема заключается не столько в стоимости оборудования (в настоящее время цена компьютерного пульсоксиметра составляет немногим более 30 000 рублей), сколько в неинформированности врачей о той пользе, которую может принести применение МКП для скрининга нарушений дыхания во сне в повседневной клинической практике.

В настоящей работе речь будет идти о портативных компьютерных пульсоксиметрах, которые применяются для длительного мониторинга сатурации во сне. В настоящее время на рынке имеется достаточно большое количество аппаратов данного типа, производимых различными фирмами. В Клиническом санатории «Барвиха» хорошо себя зарекомендовали специализированные пульсоксиметры для мониторинга сатурации во сне **PulseOX 7500** (рис. 1).

На примере данного прибора целесообразно описать характеристики, которыми должен обладать современный портативный компьютерный пульсоксиметр:

- Применяется рефракционная (отражающая) технология регистрации сигнала, минимизирующая двигательные артефакты во сне. Данная технология также устраняет артефакты, обусловленные изменениями ногтевой пластинки.
- Используется мягкий пульсоксиметрический датчик, обеспечивающий комфорт исследования.



Рис. 1. Компьютерный пульсоксиметр **PulseOX 7500** (SPOMedical, Израиль)

- Имеется функция автостарт / автостоп, упрощающая проведение исследования.
- Удобен для пациента (одевается на запястье как наручные часы).
- Миниатюрен (55 граммов).
- Частота регистрации сигнала может задаваться с интервалом 1, 2, 4 и 10 секунд.
- Емкость памяти составляет от 8 до 80 часов (в зависимости от частоты регистрации сигнала).
- Заряда батарейки хватает на 300 часов работы. Для анализа полученных данных используется компьютерная программа, которая автоматически генерирует отчет, включающий следующие параметры за весь период исследования (рис. 2):
  - общая длительность записи (мин);
  - длительность движения / артефактов (мин) – не подлежит анализу;
  - доступная для анализа запись (мин);
  - SpO<sub>2</sub> (исходное, минимальное, максимальное, среднее значение);
  - ЧСС (минимальное, максимальное среднее значение);
  - количество десатураций;
  - индекс десатураций – ИД (количество значимых эпизодов десатураций ( $\geq 3\%$ ) в час);
  - максимальная длительность непрерывного периода, при котором сатурация была ниже 89 %;
  - общее время записи, при котором сатурация была выше 89 %;
  - распределение SpO<sub>2</sub> (диапазон сатурации / время, %);
  - таблицы и диаграммы распределения данных сатурации;
  - кривые сатурации и пульса для визуального анализа за весь период наблюдения и за любой выбранный интервал (от 10 секунд на экран).

Методика проведения МКП достаточно простая и нетрудоемкая. Программирование и установка пульсоксиметра занимают около 5 минут, считывание данных с автоматическим формированием заключения – около 10 минут. Все манипуляции с компьютерным пульсоксиметром выполняет средний медицинский персонал.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.