



# Оксигенотерапия у детей



Всемирная организация  
здравоохранения

Европейское региональное бюро

# Оксигенотерапия у детей



**Всемирная организация  
здравоохранения**

---

**Европейское** региональное бюро

Оригинальная публикация "Oxygen therapy for children: a manual for health workers" выпущена на английском языке штаб-квартирой ВОЗ в 2016 г.

### Ключевые слова

HEALTH BEHAVIOR  
HEALTH STATUS DISPARITIES  
SOCIOECONOMIC FACTORS  
GENDER  
ADOLESCENT HEALTH  
CHILD HEALTH  
ADOLESCENT  
CHILD

ISBN 978 92 890 5511 6

### © Всемирная организация здравоохранения, 2020 г.

Некоторые права защищены. Настоящая публикация распространяется на условиях лицензии Creative Commons 3.0 IGO "С указанием авторства – Некоммерческая – Распространение на тех же условиях" (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>).

Лицензией допускается копирование, распространение и адаптация публикации в некоммерческих целях с указанием библиографической ссылки согласно нижеприведенному образцу. Никакое использование публикации не означает одобрения ВОЗ какой-либо организации, товара или услуги. Использование логотипа ВОЗ не допускается. Распространение адаптированных вариантов публикации допускается на условиях указанной или эквивалентной лицензии Creative Commons. При переводе публикации на другие языки приводится библиографическая ссылка согласно нижеприведенному образцу и следующая оговорка: "Настоящий перевод не был выполнен Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). ВОЗ не несет ответственности за его содержание и точность. Аутентичным подлинным текстом является оригинальное издание на английском языке Oxygen therapy for children: a manual for health workers. Geneva: World Health Organization; 2016".

Урегулирование споров, связанных с условиями лицензии, производится в соответствии с согласительным регламентом Всемирной организации интеллектуальной собственности.

Образец библиографической ссылки: Оксигенотерапия у детей: руководство для медицинских работников. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2020. Лицензия: [CC BY-NC-SA 3.0 IGO](#).

Данные каталогизации перед публикацией (CIP). Данные CIP доступны по ссылке: <http://apps.who.int/iris/>.

Приобретение, авторские права и лицензирование. По вопросам приобретения публикаций ВОЗ см. <http://apps.who.int/bookorders>. По вопросам оформления заявок на коммерческое использование и направления запросов, касающихся права пользования и лицензирования, см. <http://www.who.int/about/licensing/>.

Материалы третьих сторон. Пользователь, желающий использовать в своих целях содержащиеся в настоящей публикации материалы, принадлежащие третьим сторонам, например таблицы, рисунки или изображения, должен установить, требуется ли для этого разрешение обладателя авторского права, и при необходимости получить такое разрешение. Ответственность за нарушение прав на содержащиеся в публикации материалы третьих сторон несет пользователь.

Оговорки общего характера. Используемые в настоящей публикации обозначения и приводимые в ней материалы не означают выражения мнения ВОЗ относительно правового статуса любой страны, территории, города или района или их органов власти или относительно делимитации границ. Штрихпунктирные линии на картах обозначают приблизительные границы, которые могут быть не полностью согласованы.

Упоминание определенных компаний или продукции определенных производителей не означает, что они одобрены или рекомендованы ВОЗ в отличие от аналогичных компаний или продукции, не названных в тексте. Названия патентованных изделий, исключая ошибки и пропуски в тексте, выделяются начальными прописными буквами.

ВОЗ приняты все разумные меры для проверки точности информации, содержащейся в настоящей публикации. Однако данные материалы публикуются без каких-либо прямых или косвенных гарантий. Ответственность за интерпретацию и использование материалов несет пользователь. ВОЗ не несет никакой ответственности за ущерб, связанный с использованием материалов.

*Европейское региональное бюро ВОЗ выражает благодарность Национальному медицинскому исследовательскому Центру Здоровья Детей, г. Москва, Российская Федерация, за помощь в переводе документа на русский язык.*

---

# Содержание

Используемые сокращения	v
Выражение признательности	vi
<b>1. Введение</b>	<b>1</b>
1.1 История вопроса	1
1.2 Цель руководства	2
1.3 Целевая аудитория	2
1.4 Процесс разработки	2
1.5 Финансовая поддержка	3
<b>2. Гипоксемия и гипоксия</b>	<b>4</b>
2.1 Определения	4
2.2 Причины гипоксемии у новорожденных	7
2.3 Причины гипоксемии у детей	7
2.3.1 Острые респираторные инфекции	7
2.3.2 Другие причины гипоксемии	8
<b>3. Диагностика гипоксемии</b>	<b>9</b>
3.1 Клинические симптомы	10
3.1.1 У новорожденных	11
3.1.2 У детей	11
3.2 Пульсоксиметрия	14
3.2.1 Клиническое применение	14
3.2.2 Пульсоксиметр	14
3.3 Анализ газового состава крови	18
<b>4. Источники и доставка кислорода</b>	<b>21</b>
4.1 Источники кислорода	21
4.2 Способы доставки	22
4.2.1 Кислородотерапия* у новорожденных	27
4.2.2 Кислородотерапия у детей	30
<b>5. Постоянное положительное давление воздуха в дыхательных путях</b>	<b>34</b>
5.1 Система дыхания под постоянно положительным давлением с пузырьковым генератором давления	34
5.2 Подача сильного потока кислорода через назальные канюли	37

---

\* "оксигенотерапия" и "кислородотерапия" используются в тексте как взаимозаменяемые термины (*прим. переводчика*).

---

<b>6. Увлажнение</b>	<b>39</b>
6.1 Рациональность	39
6.2 Ненагреваемые пузырьковые увлажнители	39
6.3 Безопасность увлажнителей	40
6.4 Доставка увлажненного кислорода пациентам с трахеостомой	41
<b>7. Наблюдение за состоянием детей во время оксигенотерапии</b>	<b>42</b>
7.1 Когда необходимо отменить оксигенотерапию	43
7.2 Общий уход за детьми с гипоксемией или острым респираторным дистресс-синдромом	44
<b>Использованная литература</b>	<b>46</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Практическое применение пульсоксиметрии в детских стационарах	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Кислородотерапия при помощи концентраторов кислорода	53
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Кислородотерапия при помощи кислородных баллонов	56

---

## Используемые сокращения

ПДКВ	положительное давление в конце выдоха
СИПАП	постоянное положительное давление в дыхательных путях
F	Френч (единица измерения наружного диаметра катетера)
FiO <sub>2</sub>	фракция вдыхаемого кислорода
PaO <sub>2</sub>	парциальное давление кислорода
SaO <sub>2</sub>	насыщение кислородом артериальной крови, определяемое путем газового анализа крови
SpO <sub>2</sub>	насыщение кислородом артериальной крови, определяемое путем пульсоксиметрии

---

## Выражение признательности

Мы выражаем благодарность главному редактору, профессору Trevor Duke, работающему в Международном центре здоровья детей, Университет Мельбурна, Отделение педиатрии, Королевская детская больница, шт. Виктория, Австралия.

Мы также выражаем благодарность тем, кто внес огромный вклад в написание данного руководства: Olivier Fontaine (Франция); Susanne Carai (Германия); David Peel, Harry Campbell и Iain Wilson (Соединенное Королевство); Berhard Frey (Швейцария); Penny Eparson (Франция); Mike English (Кения); а также Bob Jacobson, Kathy Sanchez и Ravi Bansal (США).

Мы также выражаем благодарность следующим специалистам, которые рецензировали данное руководство или внесли вклад в разработку отдельных разделов: Sens Matai, Francis Wandi и Marilyn Jonathan (Папуа-Новая Гвинея); Sophie La Vincente, Rami Subhi, Dave Tickell, Eleanor Neal и Amy Auge (Австралия); Steve Howie (Новая Зеландия); Grace Irimu (Кения); Sandro Contini (Италия); Mike Dobson и Brigid Hayden (Соединенное Королевство); а также Kelly McQueen и Hilary Cohen (США).

Мы выражаем благодарность следующим сотрудникам ВОЗ, которые внесли вклад в техническую составляющую во время подготовки данного руководства: Rajiv Bahl, Martin Weber, Meena Cherian и Samira Aboubaker.

Публикация курировалась Wilson Were и Shamim Qazi из Отдела здоровья матерей, новорожденных, детей и подростков ВОЗ.

Мы также благодарим за подготовку иллюстраций David Woodroffe из агентства David Woodroffe Digital Illustration.

---

# 1. Введение

## 1.1 История вопроса

Каждый год более 5,9 миллиона детей умирают от предотвратимых или излечимых заболеваний, и более 95% из этих смертей случаются в развивающихся странах. Пневмония является ведущей причиной смерти среди детей в возрасте до 5 лет, из-за нее происходит как минимум 18% смертей в данной возрастной категории (1).

В 2010 году в мире было зарегистрировано приблизительно 120 миллионов эпизодов пневмонии у детей в возрасте до 5 лет, из которых 14 миллионов протекали в тяжелой форме и 1,3 миллиона привели к смерти (2). Гипоксемия (низкое содержание кислорода в крови) является главным фатальным осложнением пневмонии, многократно повышающим риск смерти от нее. Ученые подсчитали, что гипоксемию имеют как минимум 13,3% детей с пневмонией (3), что соответствует 1,86 миллиона случаев пневмонии с гипоксемией ежегодно.

В свою очередь, 23% из 5,9 миллиона детских смертей в год происходит вследствие заболеваний периода новорожденности, среди которых ведущими причинами являются родовая асфиксия, сепсис и низкая масса тела при рождении; каждое из этих состояний обычно сопровождается гипоксемией. Эта проблема особенно актуальна в развивающихся странах.

Несмотря на свою важность практически при всех типах острых тяжелых заболеваний, гипоксемия зачастую плохо распознается или лечится в условиях, когда средства диагностики и лечения ограничены. Оксигенотерапия остается непоколебимой роскошью для большей доли тяжело больных детей, которые находятся на стационарном лечении в развивающихся странах. Это особенно актуально для пациентов в маленьких районных больницах, где, даже при наличии каких-либо средств для проведения оксигенотерапии, преимущества лечения могут сойти на нет из-за неподходящего оборудования, низкого качества его обслуживания, плохо обученного персонала или непонятных инструкций.

Для адекватного решения этой проблемы ее нужно хорошо осознать. Медицинские работники должны знать о клинических симптомах, которые указывают на наличие гипоксемии у пациента. Более надежная диагностика возможна при широком применении пульсоксиметрии – неинвазивного метода определения степени насыщения артериальной крови кислородом. Оксигенотерапия должна быть широко доступной; во многих отдаленных районах это может быть достигнуто благодаря использованию концентраторов кислорода, которые могут работать от обычных или альтернативных источников энергии.

При многих жизнеугрожающих заболеваниях постоянная адекватная оксигенотерапия может способствовать спасению жизни ребенка. Во многих развивающихся странах сформировалось должное отношение к проблеме. Для обеспечения и поддержки эффективных систем доставки кислорода в больницах и небольших медицинских учреждениях принимаются необходимые организационные решения. Имеются надежные доказательства того, что использование пульсоксиметрии и доступность источников кислорода в региональных и муниципальных больницах могут привести к снижению уровня смертности от пневмонии приблизительно на треть (4).

Данное пособие посвящено клиническим аспектам проведения оксигенотерапии у детей. Мы надеемся, что оно поможет улучшить обеспечение кислородом пациентов детских

стационаров во всем мире, разъясняя практические аспекты для медицинских работников, биомедицинских инженеров и руководителей системы здравоохранения.

## 1.2 Цель руководства

Это руководство является частью серии, созданной для повышения качества лечения тяжело больных детей в медицинских учреждениях. Оно направлено на увеличение доступности и адекватности оксигенотерапии, в том числе в условиях ограниченности ресурсов. Руководство ссылается на необходимость надлежащей диагностики гипоксемии и использования пульсоксиметрии, аппаратов доставки кислорода и наблюдения за пациентами, получающими оксигенотерапию. Кроме того, руководство выступает за практическое применение пульсоксиметрии, а также концентраторов кислорода и кислородных баллонов. Главные цели руководства:

- Увеличить осведомленность о проблемах гипоксемии и необходимости оксигенотерапии.
- Увеличить доступность оксигенотерапии в условиях ограниченности ресурсов.
- Улучшить диагностику и лечение гипоксемии у тяжело больных детей.
- Улучшить наблюдение за пациентами, получающими оксигенотерапию.

Это практическое карманное руководство может быть использовано в большинстве стран мира и адаптировано к специфическим для каждой страны условиям.

## 1.3 Целевая аудитория

Руководство предназначено в первую очередь для медицинских работников, врачей-организаторов здравоохранения, биомедицинских инженеров, руководителей программ детского здравоохранения, работников министерств здравоохранения и работников других профессий, связанных с детским здравоохранением. Оно также может быть использовано как учебник в медицинских и парамедицинских профессиональных учебных заведениях.

## 1.4 Процесс разработки

Разработка началась с анализа имеющейся документации о доступности и использовании оксигенотерапии в больницах. Были проведены консультации с целевой аудиторией и экспертами на тему содержания и формата этого руководства. После серии консультаций, а также основываясь на рекомендациях Комитета по рецензированию клинических руководств (Guidelines Review Committee), было решено выпустить два разных руководства: одно о клиническом применении оксигенотерапии и другое о технических характеристиках источников подачи кислорода.

Таким образом, это руководство является обновленным вариантом руководства “Оксигенотерапия при острых респираторных инфекциях у детей младшего возраста в развивающихся странах”, опубликованного в 1993 году. ([http://www.who.int/maternal\\_child\\_adolescent/documents/ari\\_93\\_28/en/](http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/ari_93_28/en/)). Оно было обновлено и преобразовано для предоставления базовых знаний диагностики и лечения гипоксемии, систем доставки кислорода и наблюдения за детьми во время оксигенотерапии. Это компиляция из последних рекомендаций по доставке и использованию кислорода, в которой заполнены ранее существовавшие пробелы в информации, а также собраны новые доказательства. Все рекомендации получены из двух наиболее свежих публикаций:

- Карманный справочник по оказанию стационарной помощи детям. Руководство по ведению наиболее распространенных заболеваний в условиях ограниченных ресурсов. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2012 ([http://www.who.int/maternal\\_child\\_adolescent/documents/management\\_childhood\\_conditions/en/](http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/management_childhood_conditions/en/)).

- Сортировка, оценка состояния и лечение в неотложной педиатрии: уход за тяжелобольными детьми: обновленное клиническое руководство. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2016 ([http://who.int/maternal\\_child\\_adolescent/documents/paediatric-emergency-triage-update/en/](http://who.int/maternal_child_adolescent/documents/paediatric-emergency-triage-update/en/)).

Подход к ведению пациентов в условиях стационара взят из карманного справочника “Оказание стационарной помощи детям. Руководство по лечению наиболее распространенных болезней у детей”, второе издание. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2013 ([http://www.who.int/maternal\\_child\\_adolescent/documents/child\\_hospital\\_care/en/](http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/child_hospital_care/en/)).

Технические характеристики концентраторов кислорода взяты из документа “Технические характеристики концентраторов кислорода”. (Серия документов ВОЗ о медицинских устройствах). Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2015 ([http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/199326/1/9789241509886\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/199326/1/9789241509886_eng.pdf))

## 1.5 Финансовая поддержка

Основными источниками финансирования для данной работы стали фонд Билла и Мелинды Гейтс, а также Российская Федерация – в рамках инициативы по улучшению качества медицинской помощи. Также финансовая помощь была оказана сотрудничающим центром ВОЗ по здоровью детей в Мельбурне, Австралия.

---

## 2. Гипоксемия и гипоксия

Уменьшение доставки кислорода и нарушение его использования клеткой происходят при различных обстоятельствах. Если гипоксию не удастся своевременно диагностировать, то это приводит к нарушению функций органов и смерти.

### 2.1 Определения

**Гипоксемия** – это недостаточное насыщение крови кислородом (низкая сатурация).

**Гипоксия** – это недостаточное для нормального функционирования клеток и органов содержание кислорода в тканях. Гипоксия является следствием гипоксемии. Гипоксемия часто наблюдается при таких заболеваниях, как инфекционные заболевания нижних дыхательных путей (тяжелое течение пневмонии или бронхолит), обструкция верхних дыхательных путей, тяжелая форма бронхиальной астмы, заболевания периода новорожденности, такие как асфиксия при родах, респираторный дистресс-синдром; тяжелый сепсис, сердечная недостаточность, остановка сердца, травма, отравление угарным газом, ургентные акушерские и послеоперационные состояния.

Поскольку все органы и ткани человеческого тела нуждаются в кислороде, кислородное голодание может приводить к серьезным неблагоприятным последствиям для клеток, участвующих в важных биологических процессах. Отсутствие кислорода быстро приводит к нарушению функции систем органов и смерти. Таким образом, гипоксемия является угрожающим жизни состоянием, которое требует ранней диагностики и лечения.

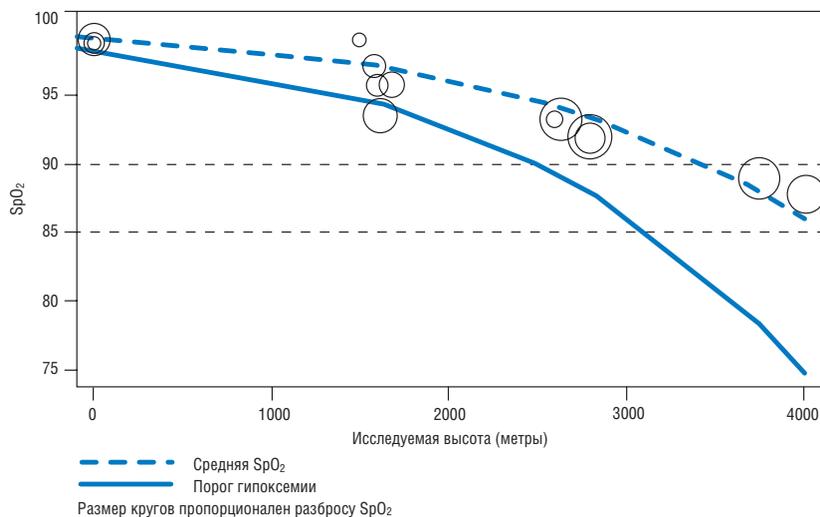
Насыщение артериальной крови кислородом обозначается как  $SaO_2$ , если оно определяется при помощи анализатора газов крови, и как  $SpO_2$ , если оно определяется путем пульсоксиметрии (подробнее см. [раздел 2](#)). Нормальный диапазон  $SpO_2$  на уровне моря составляет 97–99%, причем нижняя граница нормы (среднее значение минус 2 стандартных отклонения) составляет 94% (5). С увеличением высоты парциальное давление кислорода ( $PaO_2$ ) снижается, поэтому у детей, живущих на большой высоте (высокогорные районы) процент насыщения крови кислородом ниже. (см. [рисунок 1](#) с комментарием).

Количество используемого кислорода меняется в зависимости от порогового значения, при котором диагностирована гипоксемия и начата оксигенотерапия. В одной больнице было обнаружено, что у 13% детей с пневмонией гипоксемия наблюдалась при  $SpO_2 < 85\%$ , у 26% – при  $SpO_2 < 90\%$ , и у 44% – при  $SpO_2 < 93\%$  (6). На практике пороговое значение, при котором дается кислород, чаще всего составляет  $SpO_2 < 90\%$ , что совпадает с плоской частью кривой диссоциации оксигемоглобина ([рисунок 2](#)) и представляет собой безопасную погрешность там, где есть достаточные запасы кислорода. Небольшое уменьшение  $SpO_2$  ниже 90% может соответствовать опасному падению  $PaO_2$  (восходящая часть кривой). *Наиболее важный аспект заключается в том, что после снижения показаний  $SpO_2$  менее 90%, парциальное давление кислорода в крови стремительно падает, и уменьшается доставка кислорода к тканям, что может привести к остановке сердца.*

Некоторые состояния требуют начала оксигенотерапии при более высоких пороговых значениях, чем 90%  $SpO_2$ . К таким состояниям можно отнести серьезное нарушение транспорта кислорода из легких к тканям организма, и высокую чувствительность жизненно важных органов к низкому уровню кислорода в крови. Примером может послужить тяжелая анемия (при которой гемоглобин имеет нормальную сатурацию, но переносит мало кислорода из-за низкого содержания гемоглобина), тяжелая сердечная недостаточность, тяжелый сепсис, черепно-мозговая травма у тяжелобольных детей с угрожающи-

ми жизни симптомами. В таких случаях, особенно в фазу реанимации, оксигенотерапия необходима при  $SpO_2 < 94\%$ .

**Рисунок 1. Порог гипоксемии на разных высотах**



Кислород транспортируется кровью в двух формах: физически растворенным в плазме (2%) и химически связанным с молекулой гемоглобина в эритроцитах (98%). Объемная концентрация кислорода в крови (с O<sub>2</sub>) представляет сумму обеих его форм (растворенной в плазме и связанной с гемоглобином) и выражается в объемных процентах (об.%) или мл O<sub>2</sub>/100 мл крови.

Для определения количества растворенного в плазме кислорода измеряют напряжение кислорода в артериальной крови или парциальное давление кислорода (PaO<sub>2</sub>, в м.рт.ст. или в Кпа). PaO<sub>2</sub> отражает содержание только тех молекул кислорода, которые растворены в плазме крови, а не тех, которые связаны с гемоглобином; однако так как между растворенными в плазме и связанными с гемоглобином молекулами кислорода наблюдается динамическое равновесие, сатурация кислорода может быть вычислена по PaO<sub>2</sub>. Взаимосвязь между парциальным давлением кислорода в артериальной крови (PaO<sub>2</sub>) и сатурацией отражается в кривой диссоциации оксигемоглобина (см. [рисунок 2](#) с комментарием).

“Золотым стандартом” определения парциального давления кислорода в артериальной крови (PaO<sub>2</sub>) и расчета насыщения крови кислородом является анализ газового состава крови. Этот метод, однако, является инвазивным, болезненным и причиняющим пациенту беспокойство, кроме того, аппараты и реактивы для выполнения этого анализа стоят очень дорого. Таким образом, анализ газового состава крови не подходит для большинства районных больниц в экономически развивающихся странах.

Основным переносчиком кислорода в крови является гемоглобин, и каждая молекула гемоглобина может переносить 4 молекулы кислорода. Сатурация кислорода (SpO<sub>2</sub>) означает насыщение кислородом гемоглобина, или более точно, это процентное соотношение оксигемоглобина ко всему гемоглобину. При определении насыщения артериальной крови кислородом с помощью анализатора газов крови, сатурация обозначается SaO<sub>2</sub>, а при проведении неинвазивной пульсоксиметрии — SpO<sub>2</sub> (см. [раздел 2](#)). Таким образом, сатурация кислорода (SpO<sub>2</sub>) взаимосвязана с парциальным давлением (PaO<sub>2</sub>) и используется в данном руководстве для определения гипоксемии (см. [рисунок 2](#)). Снижение сатурации кислородом напрямую взаимосвязано со снижением кислорода в крови и может быть определена по графику ([рисунок 2](#)).

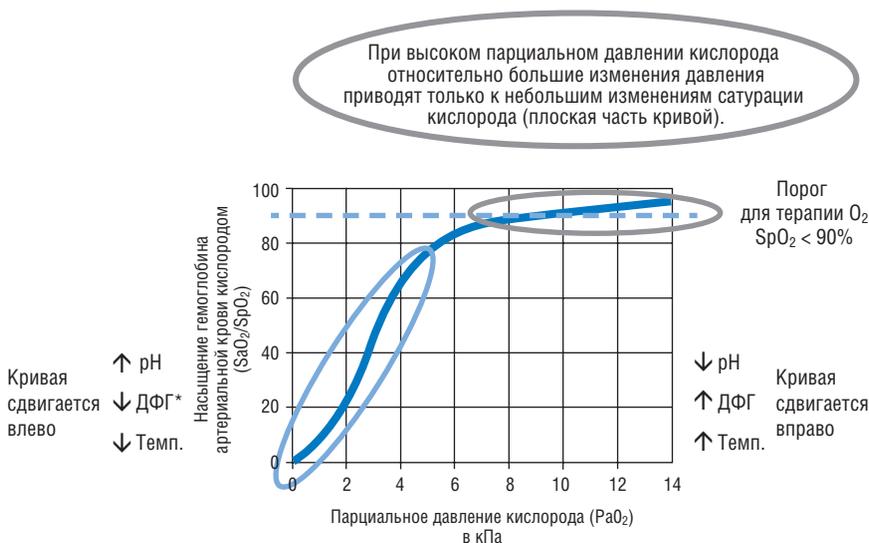
### Кривая диссоциации оксигемоглобина

Кривая диссоциации оксигемоглобина математически приравнивает процент насыщения кислородом гемоглобина ( $SpO_2$  или  $SaO_2$ ) к  $PaO_2$  в крови. Количество молекул кислорода, растворенных в плазме, определяет (вместе с другими факторами), сколько молекул свяжется с гемоглобином. При высоком уровне  $PaO_2$  (то есть в легких) кислород будет связываться с гемоглобином. В тканях, лишенных кислорода,  $PaO_2$  будет уменьшаться (растворенный кислород перемещается из крови в ткани) и, следовательно, гемоглобин высвобождает кислород.

Однако тенденция гемоглобина связываться с кислородом не является линейной. Каждая молекула гемоглобина может переносить 4 молекулы кислорода, и тенденция присоединять молекулы кислорода растет после присоединения первой молекулы. Таким образом, кривая имеет сигмовидную форму. Когда достигается максимально возможное количество присоединенных молекул и гемоглобин насыщается кислородом, происходит небольшое дополнительное присоединение, и кривая выравнивается. Таким образом, при высоком парциальном давлении кислорода относительно большие изменения давления приводят только к небольшим изменениям сатурации кислорода (плоская часть кривой). Однако при сатурации кислорода ниже 90% небольшое падение  $PaO_2$  приводит к значительному большому падению  $SpO_2$  (восходящая часть кривой).

Важно отметить, что на диссоциацию кислорода также непосредственно влияют изменения температуры, pH и 2,3-дифосфоглицерат.

**Рисунок 2. Кривая диссоциации оксигемоглобина**



\* ДФГ – 2,3-дифосфоглицерат

## 2.2 Причины гипоксемии у новорожденных

В норме у здоровых младенцев в первый час после рождения наблюдается пониженный уровень сатурации кислорода. Для того чтобы сатурация превысила 90%, может потребоваться час или больше. Уровень сатурации у нормального новорожденного в первые часы жизни составляет 88% или больше (7). Поэтому кислородотерапия должна помочь достичь этого уровня.

Гипоксемия у новорожденных может возникнуть вследствие нескольких причин: респираторный дистресс-синдром, асфиксия в родах и транзиторное тахипноэ новорожденных. Пневмония также является очень распространенной причиной гипоксемии (8). Новорожденные, состояние которых отягощено недоношенностью, сепсисом, судорогами или гипогликемией, также имеют склонность к возникновению апноэ. Апноэ и гиповентиляция могут возникнуть у здоровых детей с низкой массой тела при рождении (меньше 1,5 кг или родившихся раньше 32-й недели беременности) из-за незрелости дыхательного центра (апноэ недоношенных). Апноэ может привести к гипоксемии и замедлению сердечных сокращений (брадикардия), что в дальнейшем приведет к уменьшению доставки кислорода в ткани.

## 2.3 Причины гипоксемии у детей

### 2.3.1 Острые респираторные инфекции

Гипоксемия серьезно повышает риск смерти, будучи осложнением острых инфекций нижних дыхательных путей: пневмонии и бронхиолита. В развивающихся странах эти инфекции ответственны за большинство случаев гипоксемии у детей. В систематическом обзоре исследований, проведенных на более чем 20 000 детей с острой пневмонией или другими острыми инфекционными заболеваниями нижних дыхательных путей, средняя распространенность гипоксемии у детей с тяжелыми и очень тяжелыми пневмониями (клиническая классификация ВОЗ) составила 13% (9–38%) (3). С учетом того, что приблизительно 14 миллионов детей каждый год болевают тяжелой или очень тяжелой пневмонией (2), это соответствует 1,86 миллиона случаев пневмонии с гипоксемией ежегодно.

В целом, встречаемость гипоксемии выше в больницах широкого профиля (некоторые показатели превышают 50% для детей с тяжелой пневмонией), чем в центрах первичной медико-санитарной помощи, так как туда обращается больше тяжелобольных детей. Гипоксемия также чаще встречается на высоте, у молодых людей и, по-видимому, в определенных географических регионах.

Наиболее частыми возбудителями пневмонии у детей являются бактерии (*Streptococcus pneumoniae* и *Haemophilus influenzae*) и вирусы (респираторно-синцитиальный вирус, вирус гриппа). Другие патогенные микроорганизмы распространены среди определенных групп высокого риска, таких как истощенные дети, новорожденные и дети с ВИЧ-инфекцией, которые могут быть инфицированы такими микроорганизмами, как *Staphylococcus aureus*, кишечные Грамотрицательные палочки, такие как *Escherichia coli* и бактерии рода *Klebsiella*, *Pneumocystis jirovecii* (ранее называвшийся *pneumocystis carinii*) и *Mycobacterium tuberculosis*. Гипоксемия может являться осложнением пневмонии из-за одного из этих распространенных патогенных микроорганизмов, в зависимости от тяжести заболевания и его стадии. Вспышки гриппа потенциально опасны, и для эффективной борьбы с эпидемией во всех странах необходимо наличие эффективных систем кислородотерапии.

### 2.3.2 Другие причины гипоксемии

Гипоксемия также возникает у некоторых детей с другими заболеваниями, такими как обострение бронхиальной астмы, менингит и сепсис, но это случается реже, чем у детей с острыми инфекционными заболеваниями нижних дыхательных путей. Астма стано-

вится все более и более серьезной глобальной проблемой, особенно в местах с быстрой урбанизацией и среди людей среднего класса. В одном исследовании у 13 детей из 51, поступивших в отделение неотложной педиатрии в Индии с астмой, наблюдалась гипоксемия (9). Другими заболеваниями, при которых может наблюдаться гипоксемия, являются сердечная недостаточность, остановка сердца, анемия, отравление угарным газом, травма и неотложные состояния во время операций.

Даже те состояния, которые редко осложняются гипоксемией, такие как малярия (3–5% из числа всех госпитализированных имеют гипоксемию), могут представлять существенный вклад в глобальное бремя гипоксемии, потому что они очень распространены (3).

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ

- Гипоксемия является состоянием, которое угрожает жизни.
- Гипоксемия часто наблюдается у детей с пневмонией, распространенными заболеваниями новорожденных, травмой или неотложными состояниями, случающимися во время операций.
- Гипоксемию можно легко вылечить, дав кислород.
- Насыщение артериальной крови кислородом (уровень кислорода в крови) обозначается как  $SaO_2$  или  $SpO_2$ .
- Нормальный диапазон  $SpO_2$  на уровне моря составляет 94–100%.
- Дети, живущие на большей высоте, приспосабливаются к жизни с низкой сатурацией; таким образом, порог, при котором нужно давать кислород, тем ниже, чем больше высота. На большой высоте, однако, тяжелая пневмония может быстрее привести к тяжелой гипоксемии, поэтому больше вероятность того, что понадобится кислород.
- У здоровых младенцев в первый час после рождения наблюдается пониженный уровень сатурации кислорода. Для того чтобы сатурация превысила 90%, может потребоваться час или больше.

---

## 3. Диагностика гипоксемии

Врачи могут заподозрить гипоксемию по клиническим симптомам, при проведении пульсоксиметрии или анализа газового состава крови. В данной главе описываются эти методы и раскрываются достоинства и недостатки каждого из них.

Тяжелая гипоксемия часто может быть диагностирована на основании определенных **клинических симптомов**, таких как:

- синяя окраска языка или десен (центральный цианоз),
- раздувание крыльев носа при дыхании,
- невозможность пить или есть (из-за дыхательной недостаточности),
- кряхтящее дыхание,
- нарушение сознания (сонливость, летаргия).

В некоторых случаях, в зависимости от общего клинического состояния, гипоксемию могут иметь дети со следующими менее специфическими симптомами:

- частое дыхание (частота дыхания 70 в минуту или более),
- втяжение нижней части грудной клетки,
- кивательные движения (движения головы, синхронные с вдохом, указывающие на тяжелую дыхательную недостаточность).

Об этих симптомах необходимо знать всем медицинским работникам – это, как правило, помогает выявить пациентов в тяжелом состоянии. Однако даже тщательное наблюдение за клиническими симптомами может привести к ошибочному диагнозу гипоксемии у детей с нормальным насыщением крови кислородом и не всегда гарантирует выявление имеющейся гипоксемии.

**Пульсоксиметрия** является наиболее точным неинвазивным методом диагностики гипоксемии. Она используется для определения процента содержания оксигенированного гемоглобина в артериальной крови ( $SpO_2$ ). Пульсоксиметр состоит из компьютеризованной части и сенсорного датчика, который прикрепляется к пальцу руки, пальцу ноги или к мочке уха пациента. Пульсоксиметр отображает значение  $SpO_2$  на дисплее, сопровождая звуковым сигналом частоту сердечных сокращений и (в большинстве моделей) показывает графическое изображение тока крови во время ее прохождения через датчик (плетизмографическая или пульсовая волна). Технология надежна и имеет низкую стоимость. Пульсоксиметры можно использовать как для диагностики, так и для динамического наблюдения за  $SpO_2$ , а также для повышения эффективности использования источников кислорода. Пульсоксиметры экономически выгодны для районных больниц.

**Анализ газового состава артериальной крови** – это еще один очень точный метод диагностики гипоксемии. Он используется для измерения парциального давления кислорода ( $PaO_2$ ) и углекислого газа в крови, а также значения pH крови и концентрации основных электролитов. Этот метод имеет несколько недостатков. Анализаторы и химические реактивы стоят очень дорого и могут быть недоступными для больниц с ограниченными средствами. Любые нарушения технологии проведения анализа чреваты получением ошибочного результата. На точность результата анализа влияют: процесс взятия образца крови (особенно при сложности взаимодействия с сопротивляющимся или неконтактным ребенком), задержка транспортировки образца в лабораторию и нарушение условий хранения, а также неадекватный контроль качества в лаборатории. Так как этот метод требует

взятия капиллярной крови и является инвазивным, он доставляет дискомфорт пациенту. Таким образом, анализ газового состава капиллярной крови не подходит для большинства больниц с ограниченными ресурсами.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГИПОКСЕМИИ

	РЕКОМЕНДАЦИЯ	УРОВЕНЬ ДОКАЗАТЕЛЬНОСТИ
<b>1.</b>	<b>Использование пульсоксиметрии для диагностики гипоксемии<sup>а</sup></b>	
	Пульсоксиметрия рекомендована для диагностики гипоксемии и принятия решения о проведении оксигенотерапии у детей и младенцев	Сильная рекомендация (низкое качество доказательной базы)
<b>2.</b>	<b>Использование оценки клинических симптомов для диагностики гипоксемии у детей:<sup>б</sup></b>	
(a)	По возможности используйте пульсоксиметрию для диагностики гипоксемии у детей с тяжелыми инфекциями нижних дыхательных путей. Если оксиметрия недоступна, то для определения необходимости оксигенотерапии используйте следующие симптомы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Центральный цианоз</li> <li>• Раздувание крыльев носа при дыхании</li> <li>• Невозможность пить или есть (из-за дыхательной недостаточности)</li> <li>• Кряхтящее дыхание</li> <li>• Нарушение сознания (например, сонливость, летаргия)</li> </ul>	Сильная рекомендация (низкое качество доказательной базы)
(b)	В ряде случаев и в зависимости от общего клинического состояния дети со следующими менее специфическими признаками также могут нуждаться в оксигенотерапии: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сильное втяжение уступчивых мест грудной клетки</li> <li>• Частота дыхания за минуту <math>\geq 70</math></li> <li>• кивательные движения (движения головы, синхронные с вдохом, указывающие на тяжелую дыхательную недостаточность)</li> </ul>	Сильная рекомендация (очень низкое качество доказательной базы)

<sup>а</sup> Хотя ни в каких исследованиях не говорилось о сравнении измерения газов артериальной крови с пульсоксиметрией у детей, мета-анализ исследований у взрослых продемонстрировал очень прочную связь (11). Пульсоксиметрия является неинвазивным методом, она легко выполнима и не требует каких-либо специальных навыков.

<sup>б</sup> Клинические симптомы являются очень ненадежными для диагностики гипоксемии, и на них следует полагаться только в тех случаях, когда пульсоксиметрия недоступна.

### 3.1 Клинические симптомы

Клинические симптомы не являются надежными признаками гипоксемии, и основание диагностики лишь на них может привести к ложно-положительным или ложно-отрицательным результатам. Однако во многих ситуациях проведение пульсоксиметрии может оказаться невозможным – например, в учреждениях, оказывающих первичную медико-санитарную помощь, или при сортировке пациентов в амбулаториях и отделениях неотложной помощи. Различные клинические симптомы указывают на гипоксемию у новорожденных, детей и взрослых. Важно, чтобы медицинские работники выявляли пациентов в тяжелом состоянии клинически, не полагаясь на оборудование, которое может отсутствовать или быть неисправно.

### 3.1.1 У новорожденных

Симптомы гипоксемии у новорожденных и детей раннего возраста не являются специфическими, что иногда приводит к ее несвоевременному распознаванию родителями и обращению за помощью в более тяжелом состоянии. Даже для опытного медицинского работника диагностика гипоксемии может оказаться затруднительной.

Как и у детей старшего возраста (см. следующий раздел), у новорожденных ни один из клинических симптомов не является специфическим для определения гипоксемии. В нескольких исследованиях было продемонстрировано, что у детей всех возрастов тахипное (учащение дыхательных движений) является как нечувствительным симптомом для диагностики гипоксемии (так как у многих детей с гипоксемией может не наблюдаться учащения дыхания), так и неспецифичным (так как многие дети с учащением дыхания не имеют гипоксемии). У детей старшего возраста цианоз является наиболее специфическим клиническим симптомом, но более чем у четверти новорожденных с гипоксемией не наблюдается цианоза.

Вышесказанное является убедительным доказательством необходимости использования пульсоксиметрии во время лечения больных новорожденных и важности обучения медицинских работников распознаванию наиболее распространенных клинических симптомов неотложных состояний.

Детям с низкой массой тела при рождении и недоношенным новорожденным при возможности необходимо осуществлять внутрибольничный мониторинг апноэ.

### 3.1.2 У детей

В этом разделе описаны клинические симптомы, которые подтверждают наличие гипоксемии у детей. Также проанализирована точность клинических симптомов, указывающих на возможность возникновения гипоксемии (12, 13).

#### Центральный цианоз

Артериальная кровь выглядит ярко-красной, в то время как венозная – темно-красной. Разница в цвете связана с разницей в насыщении гемоглобина кислородом. Когда сатурация у больного нормальная, его язык и губы выглядят розовыми; когда эритроциты не полностью насыщены кислородом (сатурация снижена), кожа и слизистые оболочки выглядят синими. Это явление известно как центральный цианоз (см. рисунок 3).

**Рисунок 3. Ребенок с центральным цианозом и втяжением уступчивых мест грудной клетки**

Монитор показывает, что  $SpO_2$  равен 66%, и пульсовая волна удовлетворительна, что свидетельствует о наличии тяжелой гипоксемии. Этому ребенку необходимо срочно начать оксигенотерапию



Клинически бывает трудно выявить центральный цианоз. Осмотрите язык или десны (не губы) при солнечном свете или свете лампы накаливания (даже здоровые люди могут выглядеть слегка цианотичными при свете люминесцентной лампы). Если вы не уверены, то сравните цвет языка ребенка с цветом языка матери. Синий оттенок ногтевых лож свидетельствует о периферическом цианозе, который может возникнуть вследствие сильного спазма сосудов при гипотермии, низкой температуре окружающей среды или сосудистом шоке. Иногда периферический цианоз возникает при отсутствии гипоксемии.

У детей с тяжелой анемией или с гиперпигментацией слизистых оболочек цианоз может быть обнаружен только при тяжелой степени гипоксемии (14). Центральный цианоз не является чувствительным показателем для точной диагностики гипоксемии, так как он определяется менее чем у 50% детей, имеющих гипоксемию; однако он очень специфичен для диагностики гипоксемии: практически все дети с центральным цианозом имеют гипоксемию и должны получать оксигенотерапию (13).

### *Увеличение частоты дыхания*

Учащение дыхания (более 70 дыхательных движений в минуту у детей в возрасте от 2 месяцев до 5 лет) является физиологической реакцией организма на гипоксию, но частота дыхательных движений зависит от возраста (15, 16), недостаточности питания (17), высоты проживания над уровнем моря (18, 19) и присутствия анемии или лихорадки (20). Частоту дыхания лучше всего оценивать путем наблюдения за движениями грудной клетки в течение 60 секунд (21).

Большинство исследований, в которых указывается на то, что увеличение частоты дыхания является важным показателем гипоксемии, было проведено на большой высоте (18, 19). На уровне моря оно является менее точным показателем (22), и результаты зависят от выбранной точки отсчета. Чем выше располагается пороговое значение, тем меньше детей будет положительно диагностировано, но большая часть из них будет иметь гипоксемию (15, 23). В большинстве случаев тахипноэ в отдельности (при отсутствии других симптомов тяжелой дыхательной недостаточности или гипоксемии) не является показателем к проведению оксигенотерапии (12).

### *Кома, тяжелая летаргия, ступор или продолжительные судороги*

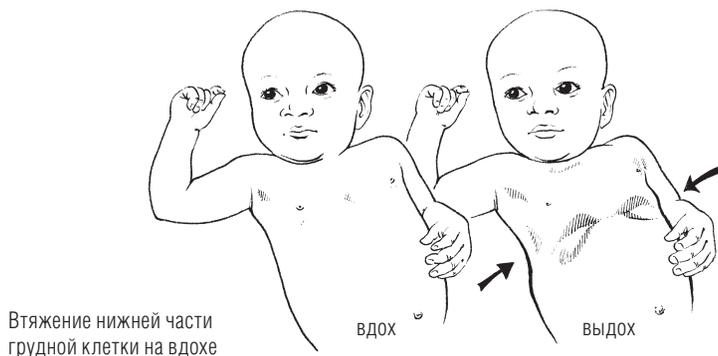
Кома или продолжительные судороги (длительностью более нескольких минут) могут приводить к развитию у ребенка гипоксемии. Эти состояния могут быть связаны с угнетением дыхательного центра, что может привести к гиповентиляции или к нарушению проходимости дыхательных путей и аспирации. Кома является неспецифическим симптомом гипоксемии: у многих детей, находящихся в коме длительное время, не наблюдается гипоксемии. Все дети в состоянии комы должны быть тщательно обследованы на предмет других клинических симптомов, свидетельствующих о гипоксемии (цианоз, втяжение уступчивых мест грудной клетки) или об обструкции дыхательных путей (стридор), и в любом неясном случае им должна быть проведена оксигенотерапия. Детям, находящимся в коме вследствие острого заболевания (например, менингита, травмы, церебральной формы малярии) или в состоянии ступора, а также детям, имеющим продолжительные судороги, должна быть немедленно начата оксигенотерапия. В то же время, жизненно необходимо обеспечить проходимость дыхательных путей, защитить их от дальнейшего повреждения (такого как аспирация) и обеспечить нормальное дыхание (вентиляцию).

### *Выраженное втяжение нижней части грудной клетки*

Втяжение грудной клетки – это движение нижней части грудной клетки внутрь на вдохе (см. рисунок 4). Если втягиваются только мягкие ткани межреберных промежутков или над ключицами, то это не является втяжением нижней части грудной клетки. Так как втяжение грудной клетки является ключевым симптомом для диагностики и классифи-

кации пневмонии, у многих детей, госпитализированных по поводу пневмонии, может наблюдаться данный признак. Таким образом, достаточно трудно оценить важность выраженного втяжения грудной клетки для определения риска возникновения гипоксемии. Если пульсоксиметрия невозможна, у детей с выраженным втяжением нижней части грудной клетки должна быть диагностирована тяжелая степень дыхательной недостаточности и начата оксигенотерапия. В случае ограничения запасов кислорода не следует начинать оксигенотерапию, основываясь только на втяжении нижней части грудной клетки (13).

**Рисунок 4. Выраженное втяжение нижней части грудной клетки на вдохе указывает на то, что ребенку необходимо начать оксигенотерапию.**



#### **Кивательные движения головой, кряхтящее дыхание или участие крыльев носа в акте дыхания**

Кряхтящее дыхание на выдохе при каждом дыхательном движении и раздувание крыльев носа являются важными симптомами тяжелой дыхательной недостаточности, особенно у детей раннего возраста, и указывает на необходимость немедленного начала оксигенотерапии.

Кивательные движения – это движения головы вниз по направлению к груди при дыхании ребенка, опосредованные участием вспомогательной мускулатуры. Важность данного симптома до сих пор недостаточно изучена. Два исследования с одного и того же сайта показали, что у большинства детей с данным симптомом наблюдается гипоксемия; однако у многих детей с гипоксемией данный симптом отсутствовал (22, 24).

#### **Крепитация или хрипы при аускультации легких**

Крепитация, или хрипы – это патологические дыхательные шумы, которые можно услышать при помощи стетоскопа. Они возникают в результате прохождения воздуха через жидкость, скопившуюся в дыхательных путях (как в бронхах, так и в альвеолах). В некоторых исследованиях было обнаружено, что данный симптом значительно коррелирует с гипоксемией, особенно у детей младшего возраста (15, 24, 25). Для медицинских работников, не имеющих опыта работы со стетоскопом, распознать эти шумы бывает затруднительным.

#### **Неспособность пить (сосать)**

Для ребенка раннего возраста невозможностью пить и есть называется состояние, при котором ребенок потребляет менее половины ежедневного рациона во время кормления грудью или из бутылочки. Для детей старшего возраста это обычно означает полную невозможность пить.

Эти случаи включают в себя младенцев или детей, которые слишком слабы для того, чтобы пить предложенную им жидкость, детей с нарушением акта сосания или глотания, или тех, кто не усваивает пищу и жидкость по причине рвоты.

Не следует относить детей на грудном вскармливании с нарушением носового дыхания без тяжелой сопутствующей патологии к тем, кто не способен пить, так как при восстановлении носового дыхания кормление грудью возобновляется. Невозможность пить является неспецифическим симптомом гипоксемии: менее половины детей с данным симптомом страдают гипоксемией.

## 3.2 Пульсоксиметрия

Пульсоксиметрия измеряет насыщение гемоглобина крови кислородом, сравнивая абсорбцию разных длин световых волн в пропускающих свет частях тела. Пульсоксиметрия является лучшим доступным методом диагностики и контроля гипоксемии.

### 3.2.1 Клиническое применение

Даже наилучшее сочетание клинических симптомов нередко приводит к ложно-положительной диагностике гипоксемии у пациентов с нормальной сатурацией или к ложно-отрицательной диагностике у пациентов с гипоксемией. Пульсоксиметрия улучшает диагностику гипоксемии у детей на 20–30%, в сравнении с оценкой одних лишь клинических симптомов (7, 22, 24). При правильном применении пульсоксиметрия является надежным инструментом для контроля состояния пациентов без причинения им дискомфорта; также она является общепринятым стандартом диагностики гипоксемии (26).

Так как не все пациенты с клиническими симптомами, указывающими на наличие гипоксемии, страдают ей на самом деле, использование пульсоксиметрии может также уменьшить ненужную подачу кислорода, обеспечивая более рациональное использование дорогостоящих ресурсов. Данная технология надежна, и цена пульсоксиметров сегодня гораздо ниже, чем в прошлом. Пульсоксиметрия является важным нововведением в больницах, где находится на лечении большое количество детей с острыми респираторными заболеваниями (27). Таким образом, пульсоксиметрию необходимо использовать у всех пациентов, находящихся на стационарном лечении по поводу респираторного заболевания, угрожающих жизни симптомов или любых симптомов гипоксемии. Во время нахождения в приемном отделении всем пациентам с клиническими симптомами гипоксемии, а также детям и новорожденным с любым признаком неотложного состояния необходимо проводить пульсоксиметрию (см. ниже) (28).

### 3.2.2 Пульсоксиметр

#### Сигнал

Сигнал разрядки батареи необходим для того, чтобы оповещать медицинских работников о необходимости зарядить устройство (от сети переменного тока). Пульсоксиметр должен быть подключен к электросети тогда, когда он не используется в палате. Если внутренняя батарея разряжена, то пульсоксиметр будет работать только после подсоединения к розетке, и его функциональность будет ограничена.

#### Датчики

Имеется широкий ассортимент датчиков различных размеров. Особенно важно выбрать датчик, подходящий по размеру пациенту. Некоторые датчики являются одноразовыми; их можно повторно использовать у нескольких пациентов, однако они трудно очищаются, и клейкая лента стирается после нескольких использований. Существует несколько типов цифровых датчиков более длительного пользования, которые являются более дорогими,

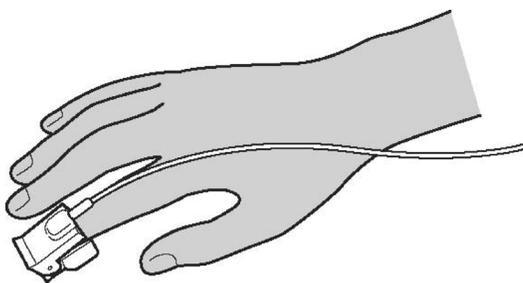
НЕОТЛОЖНЫЕ ПРИЗНАКИ	ПРИОРИТЕТНЫЕ ПРИЗНАКИ	СИМПТОМЫ ГИПОКСЕМИИ
<p>Требуют оказания неотложной помощи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обструкция дыхательных путей или остановка дыхания</li> <li>• Тяжелая дыхательная недостаточность</li> <li>• Центральная цианоз</li> <li>• Симптомы шока: холодные ладони, время наполнения капилляров ногтевого ложа более 3 секунд, высокая частота сердечных сокращений в сочетании со слабым пульсом, низкое или недоступное для измерения артериальное давление</li> <li>• Кома или серьезное нарушение сознания</li> <li>• Судороги</li> <li>• Симптомы тяжелой дегидратации у ребенка с диареей: летаргия, запавшие глаза, очень медленное расправление кожной складки или любые два из этих симптомов</li> </ul>	<p>Детей с неотложными признаками нужно осмотреть и начать лечить без очереди:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Возраст до двух месяцев</li> <li>• Дыхательная недостаточность</li> <li>• Высокая температура</li> <li>• Травма или другая неотложная хирургическая патология</li> <li>• Выраженная бледность</li> <li>• Отравление (по анамнезу)</li> <li>• Сильная боль</li> <li>• Беспокойство, раздражительность или, наоборот, вялость</li> <li>• Направление из другого медицинского учреждения</li> <li>• Нарушение питания: видимые признаки тяжелого истощения</li> <li>• Отечность обеих стоп</li> <li>• Обширные ожоги</li> </ul> <p>В английском варианте легко запомнить по аббревиатуре <b>3TPR + MOV</b>.</p>	<p>Оксигенотерапию необходимо начать при наличии любого из этих симптомов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>SpO_2 &lt; 90\%</math></li> <li>• Центральная цианоз</li> <li>• Раздувание крыльев носа</li> <li>• Невозможность пить или есть (при наличии дыхательной недостаточности)</li> <li>• Кряхтящее дыхание</li> <li>• Нарушение сознания (например, сонливость, летаргия)</li> </ul> <p>В некоторых случаях и в зависимости от общего состояния детям со следующими менее специфическими симптомами может также потребоваться оксигенотерапия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выраженное втяжение нижней части грудной клетки</li> <li>• Частота дыхания более 70 в минуту</li> <li>• Кивающие движения головы, возникающие синхронно с дыханием и указывающие на тяжелую дыхательную недостаточность</li> </ul>

**Рисунок 5. Медсестра обследует младенца на предмет наличия у него гипоксемии при госпитализации**



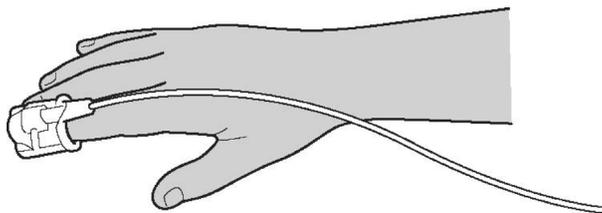
но более долговечными. Для взрослых существуют жесткие пластиковые датчики (рисунок 6); они не подходят для детей или младенцев.

**Рисунок 6. Жесткий пластиковый датчик для взрослых**



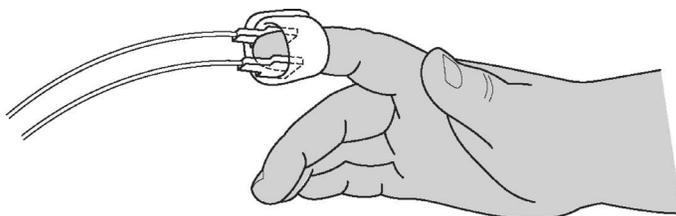
Тип датчика, который может быть использован у пациентов всех возрастов и размеров, – это устройство с мягким резиновым карманом (рисунок 7). Так как корпус является мягким, датчик обычно крепится к пальцам детей и взрослых. Эти мягкие датчики являются идеальным средством для срочной проверки и ежедневного контроля, так как они не требуют клейкой ленты.

**Рисунок 7. Мягкий резиновый сенсорный датчик**



Еще одной альтернативой является цифровой датчик “Y-sensor” (рисунок 8), однако он требует определенного способа прикрепления к руке, ноге, пальцу руки или ноги. Он может идеально подходить для новорожденных и детей раннего возраста и может крепиться на руку или ногу новорожденных с экстремально низкой массой тела. Некоторые датчики созданы таким образом, чтобы их можно было крепить на мочку уха, но они в целом реже используются.

**Рисунок 8. Датчик “Y-sensor”**



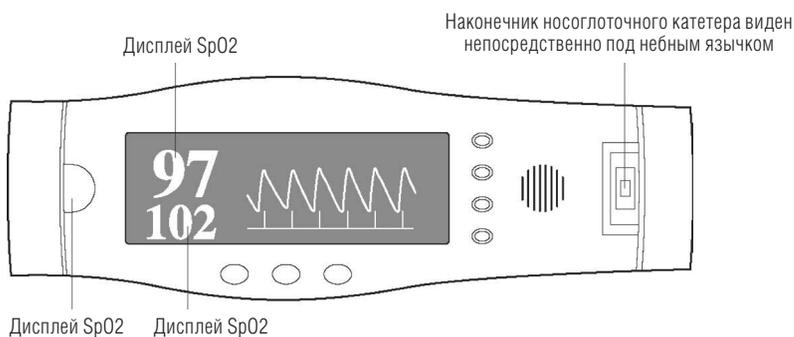
Датчики и крепящиеся к ним кабели являются очень хрупкими и легко ломаются, если на них наступить. Кабели ломаются тем чаще, чем старше пульсоксиметр. Срок службы крепящихся на палец датчиков составляет в среднем 6 месяцев, и в течение этого срока их можно использовать у разных детей (27). Особенно важно всегда иметь запасной датчик на случай, если ваш сломался.

### Дисплей пульсоксиметра

Примеры дисплеев пульсоксиметров, которые показывают данные в норме и при патологии, представлены ниже.

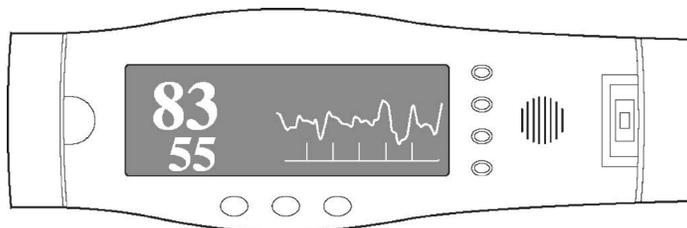
На **рисунке 9** продемонстрирован пульсоксиметр, показывающий данные в норме (частота сердечных сокращений 102 в минуту; SpO<sub>2</sub> – 97%) и пульсовую волну, отражающую хорошее артериальное наполнение и корректные данные.

**Рисунок 9. Пульсоксиметр, демонстрирующий данные в норме**



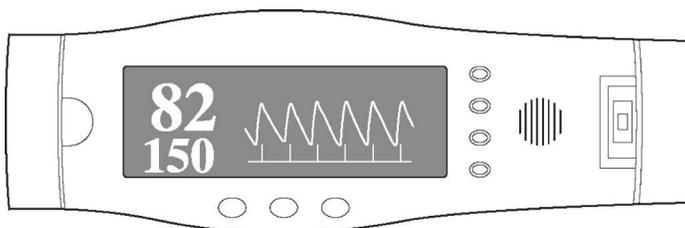
На **рисунке 10** продемонстрированы данные при патологии (частота сердечных сокращений 55 ударов в минуту, SpO<sub>2</sub> 83%). В этом случае пульсовая волна является неровной, что указывает на плохое артериальное наполнение. Точность определения частоты сердечных сокращений должна быть проверена путем сравнения цифры на экране пульсоксиметра с данными, полученными при аускультации сердца и подсчета частоты сердечных сокращений. Слабые колебания пульсовой волны, как в этом случае, наблюдаются обычно из-за плохого крепления сенсорного датчика к коже, в особенности у активного ребенка, или из-за обедненного периферического кровотока. Эти показатели SpO<sub>2</sub> являются неправильными, поэтому место крепления необходимо изменить.

**Рисунок 10. Пульсоксиметр, демонстрирующий слабую пульсовую волну**



На **рисунке 11** (частота сердечных сокращений 150 ударов в минуту; SpO<sub>2</sub> 82%) пульсоксиметр демонстрирует хорошую пульсовую волну, что указывает на хороший артериальный поток. Таким образом, показатель SpO<sub>2</sub>, который находится ниже нормы 82%), является точным и указывает на наличие гипоксемии у пациента. Необходимо начать оксигенотерапию. Обратите внимание на повышение частоты сердечных сокращений, которое часто встречается у тяжело больных пациентов.

**Рисунок 11. Пульсоксиметр, демонстрирующий хорошую пульсовую волну и низкий уровень сатурации**



### 3.3 Анализ газового состава крови

Анализ газового состава крови применяется для измерения PaO<sub>2</sub> и уровня углекислого газа в артериальной (а также венозной или капиллярной) крови. Он также показывает значение pH крови, которое часто выходит за пределы нормы у тяжело больных пациентов. Метаболический ацидоз (снижение pH крови) часто наблюдается при серьезных нарушениях кровообращения, таких как при тяжелых формах обезвоживания, сепсиса и малярии. Таким образом, при анализе одного образца крови анализатор газового состава дает нам информацию об оксигенации, вентиляции и кровообращении, концентрации электролитов (в частности натрия и калия). Электролитные нарушения часто встречаются у тяжело больных пациентов.

Анализ газового состава крови имеет несколько недостатков. Анализаторы являются более дорогими и требуют большего количества ресурсов, чем пульсоксиметрия (см. **таблицу 1**); процедура является инвазивной, болезненной и доставляет неудобства пациенту; анализ дает нам только единовременную информацию. Для динамического наблюдения требуется повторное взятие крови. Кроме того, в отсутствии артериальной канюли для повторного взятия крови газовый анализ крови редко имеет практическое значение для контроля реакции организма на лечение. Венозную и капиллярную кровь легче исследовать, чем артериальную, но их исследование не является информативным для определения оксигенации.

Неточные данные могут быть получены вследствие множества причин, таких как погрешности взятия крови (в особенности у сопротивляющегося или малоконтактного ребенка), нарушение транспортировки в лабораторию, ненадлежащие условия хранения и неадекватный контроль качества в лаборатории.

Проведение газового анализа крови требует дорогих химических реактивов, что приводит к большим расходам. Отсутствие расходных материалов – например, реактивов – является одной из основных причин редкого использования медицинского оборудования (29).

Тем не менее, анализ газового состава крови может дать нам информацию, которую мы не сможем получить при помощи пульсоксиметрии. Уровень углекислого газа в артериальной крови помогает оценить альвеолярную вентиляцию и отслеживать ее динамику.

pH является непосредственным показателем общего кислотно-щелочного статуса в артериальной, капиллярной и венозной крови. Возможная причина нарушений pH может быть определена только на основании парциального давления углекислого газа и концентрации бикарбоната в крови (а также избытка или дефицита оснований). У болеющих детей в развивающихся странах метаболический ацидоз является наиболее частой причиной изменения уровня pH, обусловленного гиповолемией и шоком при сепсисе, тяжелой диарее или тяжелой форме малярии

Менее распространенными, но не менее важными причинами изменения pH являются: кетоацидоз, возникающий преимущественно из-за накопления кетоновых тел; некоторые случаи отравления кислото-содержащими препаратами – например, передозировка аспирином; отравление этиленгликолем и интоксикация угарным газом.

**Таблица 1. Сравнительная характеристика пульсоксиметрии и анализа газового состава крови**

УЧИТЫВАЕМЫЙ ФАКТОР	ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ	АНАЛИЗ ГАЗОВОГО СОСТАВА КРОВИ
Боль и дискомфорт для пациента	Минимальный дискомфорт	Значительный дискомфорт при взятии крови
Риск для сотрудников	Отсутствует	Возможность травматизации иглой
Пригодность для мониторинга	Непрерывный или регулярный контроль	Дает только одновременную информацию
Цена	От низкой до относительно дорогой <sup>a</sup> , плюс умеренные дополнительные расходы (на сенсорные датчики)	Очень высокая, плюс дополнительные расходы на химические реактивы и обслуживание оборудования
Требуемые навыки	Использованию и интерпретации результатов можно обучить медсестер и людей, не являющихся специалистами в сфере здравоохранения	Высокий уровень навыков лабораторной экспертизы и клинической интерпретации
Определение достаточности вентиляции	Ценная информация о вентиляции только у детей, которые дышат комнатным воздухом; не дает никакого представления о вентиляции у детей, получающих дополнительный кислород	Да
Определение кислотно-щелочного состояния или электролитов крови	Нет	Да
Основные причины ошибок	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточное кровоснабжение кожных покровов</li> <li>• Двигательные артефакты</li> <li>• Более широкий диапазон ошибок при низком уровне SpO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Малоконтактный ребенок</li> <li>• Образование сгустка в образце</li> <li>• Включения воздуха в шприце</li> <li>• Погрешность анализатора</li> </ul>

<sup>a</sup> Зависит от модели и современности пульсоксиметра; однако обычные недорогие модели можно также использовать для описанных исследований.

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ:

- Гипоксемию можно диагностировать на основании клинических симптомов, при помощи пульсоксиметра или анализа газового состава крови.
- Пульсоксиметрию необходимо использовать в больницах для более точной диагностики гипоксемии.
- В случае невозможности проведения пульсоксиметрии, клинические симптомы могут помочь определить, нуждается ли пациент в оксигенотерапии.
- Проведение анализа газового состава крови невозможно в большинстве больниц с ограниченными ресурсами, так как оборудование и химические реактивы являются дорогостоящими.
- У детей с любыми из нижеперечисленных симптомов вероятнее всего имеется гипоксемия: центральный цианоз, раздувание крыльев носа, невозможность пить или есть (при наличии дыхательной недостаточности), кряхтящее дыхание и нарушение сознания (сонливость, летаргия).
- В некоторых случаях, в зависимости от общего клинического состояния, дети со следующими менее специфическими симптомами могут иметь гипоксемию: учащение дыхания (70 в минуту или более), втяжение уступчивых мест грудной клетки и кивательные движения головой в такт с дыханием, что указывает на дыхательную недостаточность.
- Другие клинические состояния, которые могут сопровождаться гипоксемией, включают в себя продолжительные судороги, кому, острые неврологические состояния, связанные с обструкцией дыхательных путей или дыхательной недостаточностью, сепсис, сердечную недостаточность или анемию тяжелой степени.

---

## 4. Источники и доставка кислорода

Источники кислорода и его доставка зависят от типа оборудования и его доступности.

### 4.1 Источники кислорода

Наиболее распространенными источниками кислорода являются баллоны, концентраторы и централизованные источники с системой подачи кислорода через трубопроводы.

**Кислородные баллоны:** кислород производится на заводе из охлажденного воздуха, который достигает жидкого состояния, затем жидкость перегоняется для отделения чистого кислорода, который затем проходит через насос в цилиндры. Это энергоемкий процесс, включающий в себя транспортировку баллонов и обратно для заправки. Данная технология является сложной, дорогостоящей и часто ненадежной для небольших больниц. Данный процесс может привести к нерегулярным поставкам кислорода.

**Концентраторы кислорода:** концентраторы потребляют воздух из окружающей среды, который обычно содержит 21 % кислорода, 78 % азота и 1 % других газов. Концентраторы кислорода – это устройства, которые выделяют кислород из атмосферного воздуха и задерживают молекулы азота. На выходе получается газовая смесь, на 95 % состоящая из кислорода. Большинство концентраторов подают кислород в концентрации 90–96 %. Они обеспечивают безопасный, дешевый, надежный, экономный источник кислорода, который более удобен, чем кислородные баллоны – особенно для медицинских организаций, существующих в условиях ограниченных ресурсов. Они могут обеспечить непрерывную подачу кислорода для четырех пациентов одновременно в том случае, если используются с разделителями потока кислорода. Концентраторы все же требуют регулярного технического обслуживания, чтобы обеспечить надлежащее функционирование и служить источником непрерывного потока кислорода. Концентраторы могут работать от сети переменного тока, электрогенератора или солнечной батареи. Важно наличие независимого от электросети запасного источника кислорода.

**Централизованная подача кислорода:** во многих крупных больницах кислород распределяется через систему медных труб из центрального источника, который обычно расположен за пределами здания. Источниками кислорода могут быть жидкий кислород, газовые баллоны с высоким давлением, большой кислородный концентратор, или их комбинация. Трубопроводные системы подают кислород под высоким давлением до медицинского оборудования, такого как наркозные аппараты и вентиляторы. Трубопроводная система имеет много преимуществ: она уменьшает риск возгорания и устраняет необходимость транспортировки тяжелых цилиндров между больничными палатами. Высокая стоимость установки централизованного источника кислорода с медными трубопроводами и стоимость их обслуживания делают такую систему доставки кислорода неподходящей для многих районных больниц в странах с ограниченными ресурсами.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСТОЧНИКАМ КИСЛОРОДА

РЕКОМЕНДАЦИИ	КАЧЕСТВО ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ
Эффективные системы доставки кислорода должны являться универсальным стандартом и быть более доступными для широкого применения.	Сильная рекомендация (экспертное мнение)

## 4.2 Способы доставки

В этом разделе описываются приспособления, которые являются связующим звеном между источниками кислорода (цилиндр, концентратор, трубопровод) и пациентом. Можно использовать описанные способы доставки и приспособления независимо от того, какой источник кислорода используется (см. таблицу 2). Методы, используемые для доставки кислорода, должны быть безопасными, простыми, эффективными и недорогими. Были рассмотрены различные методы доставки (12, 30); методы могут быть неинвазивными (маски для лица, кислородные шлемы, инкубатор или кислородная палатка, либо прикрепление трубки у лица ребенка) или полуинвазивными (введение канюли или катетера в верхние дыхательные пути). Полуинвазивные методы доставки требуют медленной скорости потока кислорода и являются более дешевыми, чем неинвазивные методы, которые требуют высокой скорости потока кислорода. Назальные и носоглоточные катетеры оказывают благотворное влияние на функцию легких, поскольку они образуют положительное давление конца выдоха (ПДКВ)<sup>1</sup> с подъемом до 5 см водного столба для улучшения оксигенации (31). Создание ПДКВ<sup>1</sup> также может быть эффективным при лечении апноэ, связанного с недоношенностью или бронхиолитом (32). Основными осложнениями, связанными с методами доставки кислорода, являются гиперкапния (от кислородных шлемов и масок для лица при неправильной подаче кислорода), смещение носовой канюли или катетера с обструкцией верхних дыхательных путей или носовое кровотечение (10). Неконтролируемый высокий ПДКВ из-за чрезмерно высокого потока кислорода через носовые канюли или катетеры может привести к растяжению желудка или пневмотораксу.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТОДАМ ДОСТАВКИ КИСЛОРОДА

	РЕКОМЕНДАЦИИ	КАЧЕСТВО ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ
1.	Носовые канюли являются предпочтительным методом доставки кислорода детям раннего возраста и детям < 5 лет с гипоксией, которые требуют кислородотерапии.	Сильная рекомендация (средний уровень доказательности)
2.	Если носовые канюли недоступны, носовые или носоглоточные катетеры могут использоваться в качестве альтернативных способов доставки. Лицевые маски и кислородные шлемы не рекомендуются.	Сильная рекомендация (средний уровень доказательности)
3.	Стандартные скорости потока кислорода через носовые канюли или носовые катетеры 0,5–1 л/мин для новорожденных, 1–2 л/мин для детей раннего возраста, 1–4 л/мин для детей старшего возраста	Сильная рекомендация (средний уровень доказательности)

<sup>1</sup> Давление в легких (альвеолярное давление) выше атмосферного давления (давления вне тела) в конце выдоха.

Маски для лица, кислородные шлемы, инкубаторы и кислородные палатки не рекомендуются, поскольку они расходуют кислород и потенциально вредны. Рекомендуемые приспособления доставки кислорода для новорожденных, детей раннего и старшего возраста – носовые канюли, носовые катетеры и носоглоточные катетеры.

Следует внимательно следить за пациентами с носоглоточным катетером, поскольку его использование может привести к серьезным осложнениям, если катетер входит в пищевод. Носовые канюли являются предпочтительным способом доставки кислорода в большинстве случаев и обеспечивают оптимальный баланс между безопасностью и эффективностью. Один из недостатков носовой канюли – стоимость, которая в настоящее время выше, чем у катетеров (33). Вот почему носовые катетеры часто используются в развивающихся странах. Если они недоступны, в качестве носового катетера может подойти укороченная назогастральная трубка, через которую будет подаваться кислород. Они являются лучшим способом доставки кислорода у детей раннего и позднего возраста с крупом или коклюшем.

### *Носовые канюли*

Носовые (назальные) канюли – это устройства, которые заканчиваются двумя короткими коническими трубочками (длиной около 1 см) и предназначены для нахождения только внутри ноздрей (рисунок 12). Стандартная скорость потока через носовые канюли составляют 0,5–1 л/мин для новорожденных, 1–2 л/мин для детей раннего возраста, 1–4 л/мин для детей старшего возраста. При стандартном потоке кислорода нет риска растяжения желудка, поскольку канюли не могут находиться очень глубоко в носовых ходах. При стандартной скорости потока кислорода увлажнения не требуется, так как в носовых ходах вдыхаемый кислород нагревается, и увлажнение происходит естественным образом (34).

**Рисунок 12. Носовые канюли правильно расположены и закреплены**



Существует небольшой риск обструкции дыхательных путей слизью (35), особенно если используется сильный поток без увлажнения. Фракция вдыхаемого кислорода  $FiO_2$  зависит от скорости потока, соотношения между канюлями, диаметром носовых ходов<sup>2</sup> и массой тела пациента, которая частично определяет объем кислорода, поступающий к пациенту за минуту. У детей раннего возраста весом до 10 килограммов потоки кислоро-

<sup>2</sup>  $FiO_2$  является фракцией (или процентом) концентрации кислорода, участвующего в газообмене в альвеолах; атмосферный воздух содержит 20,9% кислорода, эквивалентом чего является  $FiO_2$  равный 0,21, или 21%. Пациенты, получающие обогащенный кислородом воздух, дышат воздухом с  $FiO_2$  выше атмосферного.

да со скоростью 0,5 л/мин, 1 л/мин и 2 л/мин обеспечивают фракцию  $O_2$  примерно 35%, 45% и 55% соответственно (36). Образование положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) с носовыми канюлями является непредсказуемым.

Образование ПДКВ зависит от диаметра дистальной канюли, потока кислорода и массы тела. В то время как скорость кислорода 1 л/мин может привести к появлению ПДКВ около 5 см водного столба у недоношенных детей, у детей раннего возраста весом до 10 кг с тем же потоком не наблюдается существенного появления ПДКВ (30).

### Практические рекомендации

Канюля должна хорошо входить в ноздрю (у недоношенных – на 1 мм, у детей раннего возраста весом до 10 кг – на 2 мм). Канюли должны быть закреплены лентой на щеках рядом с носом, как показано на [рисунке 12](#). Необходимо следить за тем, чтобы в носовых ходах не скапливалась слизь – во избежание нарушения проходимости кислорода. Максимальная скорость потока без увлажнения составляет 1 л/мин у новорожденных, 2 л/мин у детей раннего возраста, 4 л/мин у детей дошкольного возраста и 6 л/мин у школьников. Более высокая скорость потока без эффективного увлажнения может вызвать сухость слизистой носовых ходов с последующим кровотечением и обструкцией дыхательных путей.

Назальный катетер представляет собой тонкую гибкую трубку, которая помещается в нос и заканчивается наконечником в полости носа ([см. рисунок 13](#)). Использование носовых катетеров обычно хорошо переносится, и их использование вряд ли будет вытеснено другими приспособлениями. Поступающий кислород не стоит увлажнять, потому что наконечник катетера находится в полости носа. Катетеры могут застревать из-за присутствия слизи в носовой полости, что может вызвать обструкцию верхних дыхательных путей. Есть небольшой риск смещения катетера в пищевод с последующим вздутием в полости желудка. В идеальном случае, назогастральная трубка должна быть на месте для декомпрессии желудка, если происходит его растяжение.

Данные о фактической доле  $O_2$  или ПДКВ, достигнутых с помощью носовых катетеров, не были опубликованы. Носовые катетеры менее эффективны для оксигенации, чем носоглоточные катетеры (37), но они вызывают меньше осложнений.



**Рисунок 13. Правильное расположение носового катетера**

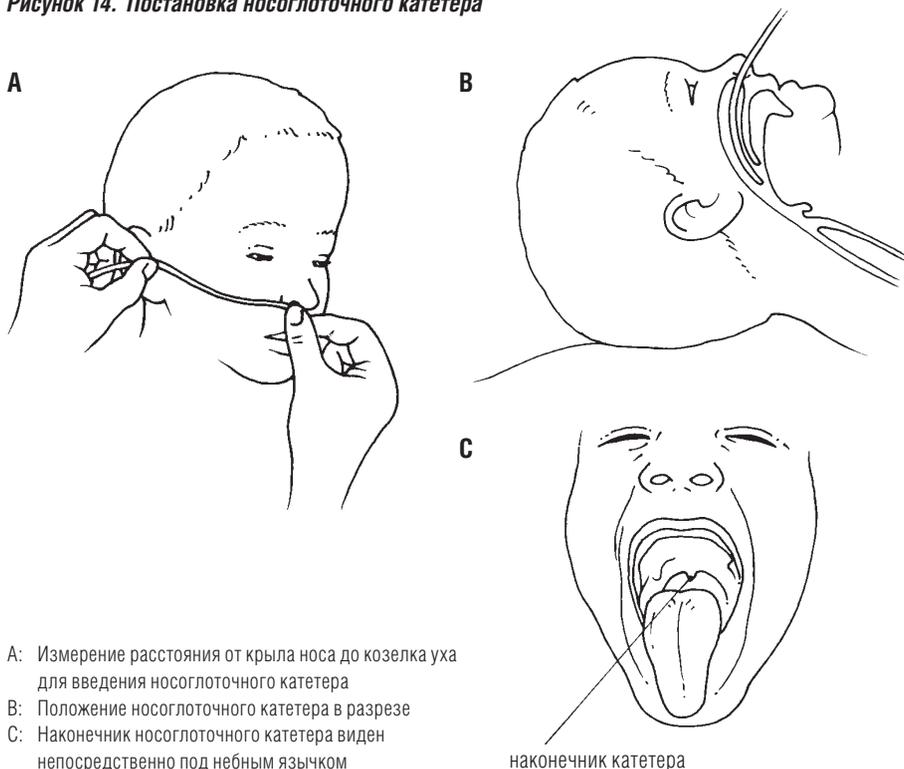
### Правильное расположение носового катетера

У новорожденных и детей раннего возраста следует использовать размер катетера 8-F. Катетер, введенный на длину, равную расстоянию от поверхности ноздри до внутреннего края брови, обычно достигает задней части носовой полости. У детей раннего возраста это расстояние составляет около 2,5 см. Наконечник катетера **не** должен быть виден ниже язычка. Катетер легко закрепляется лентой над верхней губой. Максимальная скорость потока кислорода должна быть 0,5–1 л/мин для новорожденных и 1–2 л/мин для детей младшего и старшего возраста. Назогастральный зонд должен быть помещен одновременно в ту же ноздрю так, чтобы не вызвать обструкцию носового хода. Более высокая скорость потока кислорода без эффективного увлажнения может вызвать сухость слизистой носовой полости с дальнейшим кровотечением и обструкцией дыхательных путей.

### Носоглоточные катетеры

Этот тип катетеров помещается в глотку чуть ниже уровня небного язычка (см. вставку ниже и [рисунок 14](#)). Подача кислорода через носоглоточный катетер является наиболее экономичной из всех описанных здесь способов. Более эффективная оксигенация достигается с помощью меньшей скорости потока кислорода, чем при использовании носовых канюль (35), благодаря относительно высокому уровню  $O_2$  в трахее и значительному образованию положительного давления конца выхода (ПДКВ). У детей раннего возраста кислород, подаваемый через носоглоточный катетер 8-F со скоростью 1 л/мин, образует ПДКВ 2,8 см водного столба (31, 34).

**Рисунок 14. Постановка носоглоточного катетера**



Однако с носоглоточными катетерами могут быть сопряжены и некоторые проблемы (33). Таким образом, в большинстве случаев, когда частое наблюдение затруднено, носовые канюли или носовые катетеры являются предпочтительным методом, за исключением детей с тяжелой гипоксемией. Использование носоглоточных катетеров способствует накоплению слизи и может вызвать обструкцию верхних дыхательных путей (35, 38). Так как кислород, подаваемый через носоглоточный катетер, не подвергается увлажнению и нагреванию в носовых ходах, важно проводить эффективное внешнее увлажнение, чтобы избежать сухости слизистой оболочки глотки и снизить вероятность скопления секрета и обструкцию катетера (39).

Носоглоточные катетеры могут смещаться вниз в пищевод и вызывать рвоту и растяжение желудка. Поэтому их использование должно ограничиваться лишь ситуациями, когда носовые канюли недоступны, когда персонал знаком с техникой постановки катетера и с его наблюдением, когда подача кислорода ограничена, и в случаях, если детям с цианозом или десатурацией кислорода не помогают носовые канюли или носовые катетеры.

### **Практические рекомендации**

Носоглоточные катетеры помещаются в нос на глубину на 1 см меньше, чем расстояние от крыла носа до козелка уха. У детей раннего возраста это расстояние составляет около 7 см. Подобно носовым катетерам, носоглоточные катетеры могут легко закрепляться с помощью пластыря. У новорожденных и детей раннего возраста следует использовать катетеры 8-F. Максимальная скорость потока кислорода должна быть 0,5 л/мин для новорожденных и 1 л/мин для детей раннего возраста. Более высокая скорость подачи кислорода без эффективного увлажнения может вызвать сухость слизистой оболочки носа с последующим кровотечением и обструкцией дыхательных путей. Поскольку существует риск растяжения желудка в связи со смещением вниз наконечника катетера, то должен быть установлен назогастральный зонд, чтобы обеспечить быструю декомпрессию желудка (40). Катетер следует извлекать и чистить не реже двух раз в день (41). Всегда требуется увлажнение, и увлажнитель должен быть заполнен до нужного уровня предварительно подогретой водой.

Из-за постоянного образования небольшого ПДКВ, введение кислорода с помощью носоглоточного катетера используется в лечении пациентов с тяжелой гипоксией и/или апноэ (например, в связи с недоношенностью или бронхиолитом). Подача кислорода через носоглоточный катетер может также применяться в больницах с очень ограниченным снабжением кислородом при условии, что персонал достаточно хорошо обучен.

### ***Кислородные шлемы, инкубаторы, кислородные палатки и маски для лица***

Неинвазивные способы доставки кислорода имеют некоторые преимущества: при поступлении кислорода в кислородный шлем, инкубатор или кислородную палатку фракция  $O_2$  может быть точно определена с помощью анализатора, расположенного около рта ребенка. Нет повышенного риска обструкции дыхательных путей слизью или риска растяжения желудка, а увлажнение не требуется. Однако у этих методов есть один серьезный недостаток: возможно накопление углекислого газа, если поток кислорода недостаточен. Это может быть следствием слишком низкой скорости подачи кислорода в результате перегибов или отсоединения кислородной трубки.

Когда кислородный шлем слишком плотно обтягивает шею ребенка, может сохраняться углекислый газ. Скорость потока кислорода 2–3 л/кг в минуту необходима, чтобы избежать повторного вдыхания углекислого газа при использовании кислородного шлема (30). Кислородные шлемы, маски для лица, инкубаторы и кислородные палатки требуют высокой скорости потока кислорода для достижения его достаточной концентрации и во избежание накопления углекислого газа, и поэтому данные приспособления являются дорогостоящими и экономически невыгодными. Кислородные шлемы и маски для лица также мешают кормлению. Поэтому данные способы не рекомендуются, особенно в устройствах с ограниченной подачей кислорода.

### *Оральная катетеризация*

Опыт доставки кислорода через ротовую полость детям ограничен, и данный способ не рекомендуется. Дага с соавт. (40), которые описали этот метод, вводили через рот в гортань зонд 8-F, равный длине расстояния от крыла носа до козелка уха. Замена трубки проводилась один раз в день. Они отмечали достаточную оксигенацию недоношенных новорожденных с респираторным дистресс-синдромом и детей с пневмонией при скорости потока кислорода 0,5–1 л/мин. Не было случаев смещения или застревания трубки. Авторы утверждают, что этот метод обеспечивает беспрепятственный газообмен через обе ноздри, так как обе трубки (питательная и кислородная) проходят через ротовую полость.

В **таблице 2** приведена сравнительная характеристика различных способов подачи кислорода.

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ

- Наиболее распространенными источниками кислорода являются кислородные баллоны, кислородные концентраторы и централизованная подача кислорода.
- Приспособления для подачи кислорода пациенту включают носовые канюли, носовые катетеры, носоглоточные катетеры, кислородные шлемы, инкубаторы, кислородные палатки и маски для лица.
- Носовые канюли, носовые и носоглоточные катетеры являются наиболее эффективными средствами подачи кислорода.
- Носовые канюли являются предпочтительным методом подачи кислорода в большинстве случаев и представляют собой оптимальный баланс между безопасностью и эффективностью.
- Для новорожденных, детей раннего и старшего возраста использование кислородных шлемов, масок для лица, инкубаторов и кислородных палаток для подачи кислорода в целом не желательно, так как они расходуют много кислорода и потенциально вредны (из-за токсичности углекислого газа).
- Увлажнение необходимо только в случае доставки кислорода в обход носовой полости; нет необходимости увлажнять кислород, подаваемый через носовой катетер или носовые канюли.
- Увлажнение весьма важно, когда холодный кислород подается из цилиндра через носоглоточный катетер, или при высокой скорости потока кислорода.
- Увлажнители следует регулярно чистить, чтобы избежать бактериального загрязнения.

Таблица 2. Методы доставки кислорода у детей

МЕТОД	МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ ПОТОКА КИСЛОРОДА Л/МИН	ВДЫХАЕМАЯ ФРАКЦИЯ КИСЛОРОДА (%) СО СКОРОСТЬЮ 1 Л/МИН РЕБЕНКОМ ВЕСОМ 5 КГ	ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ КОНЦА ВЫХОДА (ПДКВ)	УВЛАЖНЕНИЕ	РИСК ГИПЕРКАПИИ	РИСК ОБСТРУКЦИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ	ТРЕБУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	ТРЕБУЕМЫЙ УХОД
Носовые канюли	Новорожденные 0,5–1							
	Дети раннего возраста 2							
	Дошкольники 4							
	Школьники 6	45	Минимальное	Не требуется	Нет	минимальный	Носовые канюли	+
Носовой катетер	Новорожденные 0,5							
	Дети раннего возраста 1	50	+	Не требуется	Нет	+	Катетер 8-F	++
Носоглоточный катетер	Новорожденные 0,5							
	Дети раннего возраста 1	55	++	Требуется	Нет	++	Катетер 8-F, увлажнитель	+++
Кислородный шлем, кислородная маска, инкубатор, кислородная палатка	Кислородный шлем: 2–3 л/кг в мин			Не требуется	Да	Нет	Кислородный шлем, кислородная маска	+++

F, Френч; PEEP, positive end expiratory pressure

<sup>a</sup> Более высокие скорости потока без эффективного увлажнения могут вызывать сухость слизистой носа, кровотечение и обструкцию полости носа.

### 4.2.1 Кислородотерапия у новорожденных

Кислородотерапия у новорожденных, особенно у недоношенных, должна учитывать тот факт, что в первые часы жизни для них нормальна пониженная насыщенность крови кислородом (7, 42). Пульсоксиметрия должна использоваться для мониторинга  $SpO_2$ , уровень которого следует поддерживать  $\geq 88\%$ , но у недоношенных новорожденных – не более 95%, чтобы предотвратить повреждение глаз (41) (см. раздел 4.2.2).

Состояния, способные привести к гипоксемии, чаще встречаются у новорожденных, в частности, асфиксия при рождении, респираторный дистресс-синдром и транзиторное тахипноэ новорожденного; также распространена пневмония (8). Новорожденные с патологиями, такими как недоношенность, сепсис, судороги или гипогликемия, также склонны к апноэ. Апноэ и гиповентиляция также встречаются у детей с очень низкой массой тела при рождении ( $< 1,5$  кг или гестационный возраст  $< 32$  недели) из-за недоразвития дыхательного центра (апноэ недоношенных). Апноэ может привести к гипоксии и замедлению сердечного ритма (брадикардия), а также к дальнейшему снижению поступления кислорода в ткани.

#### *Угнетение дыхания во время рождения: реанимация новорожденных.*

Перинатальная асфиксия проявляется в виде замедленного дыхания или его отсутствия, гипотонии, цианоза или бледности и брадикардии (замедленный сердечный ритм или его отсутствие) при рождении. Когда новорожденный или недоношенный ( $> 32$  недели беременности) нуждается в вентилиции под давлением, эффективным средством реанимации является кислородная маска с мешком с содержанием кислорода 21%. Для недоношенных детей (беременность  $< 32$  недели) при реанимации с помощью мешка и маски следует использовать 30% содержание кислорода. В большинстве случаев перинатальной асфиксии основная проблема – это недостаточная или неэффективная вентилиция, поэтому самое важное – помочь новорожденному дышать более эффективно. Иногда перинатальная асфиксия является осложнением неонатальной пневмонии, аспирации (мекония, материнской крови или амниотической жидкости) или тяжелой респираторного дистресс-синдрома. В случаях тяжелой неонатальной пневмонии или аспирации должна быть проведена эффективная вентилиция и подача дополнительного кислорода для обеспечения достаточной оксигенации.

Таким образом, первоочередная задача у новорожденных с асфиксией – это достаточное заполнение кислородом легких, содержащих жидкость. Затем следует обратить внимание на концентрацию вдыхаемого кислорода (43). Реанимация новорожденных описана в карманном справочнике стационарной помощи детям ВОЗ (28).

Угнетение дыхания при рождении может произойти, если мать получала опиатные препараты (морфин или петидин) во время родов. В этих случаях часто эффективна внутримышечная инъекция налоксона с концентрацией 0,1 мг/кг массы тела, а также вентилиция с помощью мешка и кислородной маски.

Если гипоксия у новорожденного сохраняется, несмотря на подачу кислорода, убедитесь, что ребенок прилагает достаточные усилия для дыхания, и что происходят дыхательные движения грудной клетки. При их отсутствии нужно использовать мешок с кислородной маской. Убедитесь, что ребенку поступает кислород; проверьте соединение трубки во избежание утечки кислорода или попробуйте другой источник кислорода. Цианоз у новорожденных иногда может быть вызван проблемами с сердцем или патологией строения легких.

Ребенок, у которого сохраняется цианоз или низкий уровень  $SpO_2$ , несмотря на подачу кислорода и достаточные усилия для дыхания, должен быть осмотрен опытным специалистом для установления иной возможной причины гипоксии – например, диафрагмальной грыжи, врожденного порока сердца, пневмоторакса или врожденной аномалии легких.

Поражение глаз, называемое ретинопатией недоношенных, может возникнуть в результате подачи избыточного кислорода детям с очень низкой массой тела при рождении. В группе наибольшего риска находятся новорожденные при сроке < 32 недели или весом < 1250 г; чем меньше ребенок, тем больше риск. Если доступна пульсоксиметрия, уровень SpO<sub>2</sub> следует поддерживать выше 88%, но не выше 95%, чтобы предотвратить повреждение глаз (41). Ретинопатия недоношенных может развиться даже при тщательном контроле у глубоко недоношенных детей с множественными патологиями. Большинство случаев разрешаются спонтанно. Все дети, рожденные от беременности < 32 недель или весом < 1250 г, а также недоношенные, которые получали кислород, должны быть обследованы на предмет ретинопатии недоношенных в возрасте 4–6 недель.

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ

- Новорожденные в первые несколько часов жизни, особенно недоношенные, имеют более низкую насыщенность крови кислородом. Нормальный уровень насыщения кислородом для новорожденных в первые часы жизни составляет ≥ 88%.
- У недоношенных новорожденных, родившихся от беременности < 32 недель, SpO<sub>2</sub> следует поддерживать между 88% и 95%, но не выше 95%, чтобы избежать повреждения глаз.
- **В случае, если пульсоксиметрия недоступна**, кислород должен поступать всем новорожденным, у которых имеется цианоз или частота дыхания > 70/мин, а также тем, кто не способен есть самостоятельно.
- Новорожденным, которые не дышат самостоятельно при рождении, самонадувающийся мешок и кислородная маска для лица могут обеспечить эффективную вентиляцию воздухом из палаты, но в некоторых случаях может потребоваться дополнительный кислород.
- Новорожденным с апноэ или угнетением дыхания сразу после рождения подается кислород, а также обеспечивается вентиляция с помощью мешка и кислородной маски или создается постоянное положительное давление в дыхательных путях (СИПАП), если это возможно (см. ниже), до тех пор, пока не восстановятся нормальные дыхательные движения.
- СИПАП-терапия полезна при лечении новорожденных с тяжелым респираторным дистресс-синдромом или апноэ, им доступны эффективные и безопасные методы доставки пузырьков СИПАП. Поступление увлажненного кислорода с высокой скоростью потока через носовые канюли также демонстрирует перспективы, но требует дальнейшей оценки.

### 4.2.2 Кислородотерапия у детей

Все дети, живущие на высоте ≤ 2500 м над уровнем моря, должны получать кислородную терапию, если степень насыщения кислородом у них составляет ≤ 90%, что измеряется пульсоксиметрией. У детей, живущих на большей высоте (более 2500 м над уровнем моря), насыщение кислородом ниже, чем у живущих на уровне моря, и уровень SpO<sub>2</sub> ≤ 87% можно считать порогом, ниже которого следует давать кислород.

Если отсутствует возможность проведения пульсоксиметрии, можно руководствоваться клиническими симптомами для решения вопроса подачи кислорода. Дети с любым из следующих симптомов, вероятно, имеют гипоксемию:

- центральный цианоз,
- раздувание ноздрей,
- неспособность пить или есть (когда это связано с дыхательными расстройствами),
- хрипение при каждом вдохе,
- угнетенное психическое состояние (т. е. сонливость).

В некоторых ситуациях и в зависимости от их общего клинического состояния, гипоксемию также могут иметь дети со следующими, менее специфичными респираторными симптомами:

- выраженные втяжения грудной клетки при дыхании,
- частота дыхания  $\geq 70$ /мин или
- кивание головой (т.е. движения головы, синхронные с дыханием, указывающие на тяжелые дыхательные нарушения).

Другие клинические состояния, такие как длительные судороги, глубокая кома или выраженные неврологические проблемы, также могут быть связаны с гипоксемией из-за обструкции дыхательных путей или недостаточных усилий для дыхания.

Когда подача кислорода сильно ограничена, дайте кислород детям в возрасте  $> 2$  месяцев в соответствии с порядком, предложенным в [таблице 3](#). Детям в возрасте  $< 2$  месяцев с симптомами сильных дыхательных расстройств (тахипноэ, сильное втяжение грудной клетки, кивание головой или хрипы) всегда нужно давать кислород, потому что гипоксемия увеличивает риск апноэ и смерти.

Кислород всегда следует подавать непрерывно до тех пор, пока не будет достигнут нормальный уровень насыщения без подачи кислорода.

**Таблица 3. Клинические показания к кислородотерапии**

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ТЯЖЕЛОЙ ПНЕВМОНИИ С	ПРЕДПОЧТЕНИЕ КИСЛОРОДНОЙ ТЕРАПИИ
Центральный цианоз	Очень большое
Нарушение сознания, отсутствие чувствительности, или реакция только на болевые раздражители	Очень большое
Хрипы при каждом вдохе	Очень большое
Раздутые ноздри	Очень большое
Сильная бледность на ладонях или конъюнктивах (тяжелая анемия) с втяжением грудной клетки или высокой частотой дыхания	Очень большое, следует также уделять первоочередное внимание устранению основных патологий (например, перелить кровь и или применить противомаларийные препараты)
Глубокая кома или судороги, продолжающиеся $> 15$ мин.	Очень большое до тех пор, пока дыхательные движения не восстановятся, также следует защищать дыхательные пути и убедиться в достаточной вентиляции
Неспособность самостоятельно пить или есть	Большое
Сильное втяжение грудной клетки	Приоритет
Частота дыхания $\geq 70$ /мин.	Приоритет
Кивание головой	Приоритет

Когда детей наблюдают с помощью пульсоксиметрии, то любой ребенок с уровнем  $SpO_2 < 90\%$  должен получать кислород. Дети с очень тяжелой анемией, тяжелой сердечной недостаточностью, септическим шоком или острой неврологической патологией, безусловно, получают больше пользы от подачи кислорода, чем остальные дети, когда уровень  $SpO_2$  составляет  $90-94\%$ , поскольку эти дети в меньшей степени способны противостоять умеренно пониженному уровню кислорода, чем дети только с патологией легких. Дети

с симптомами критического состояния (затрудненное или отсутствующее дыхание, тяжелые дыхательные расстройства, центральный цианоз, симптомы шока, комы или судорог) должны получать кислородную терапию во время реанимации, если их уровень  $SpO_2$  составляет  $< 94\%$ .

Так как нормальный уровень  $SpO_2$  ниже на большой высоте, возможно, следует обеспечить подачу кислорода детям, живущим на высоте  $> 2500$  м, только при уровне  $SpO_2 \leq 87\%$ , если поступление кислорода ограничено.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОРОГИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИСЛОРОДОТЕРАПИИ

	РЕКОМЕНДАЦИЯ	КАЧЕСТВО ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ
1.	Дети с гипоксемией должны получать соответствующую кислородную терапию	Сильная рекомендация (низкий уровень доказательности)
2.	Поступление кислорода должно контролироваться использованием пульсоксиметрии, если она доступна	Сильная рекомендация (очень низкий уровень доказательности)
3.	Дети с дыхательными расстройствами, живущие на высоте $\leq 2500$ м над уровнем моря должны получать кислородную терапию, если насыщение кислородом у них составляет $\leq 90\%$ по измерению пульсоксиметрии	Сильная рекомендация (очень низкий уровень доказательности)
4.	Дети с симптомами критического состояния (затрудненное или отсутствующее дыхание, тяжелые дыхательные расстройства, центральный цианоз, симптомы шока, комы или судорог) должны получать кислородную терапию во время реанимации, если их уровень $SpO_2$ составляет $< 94\%$	Сильная рекомендация (очень низкий уровень доказательности)
5.	У детей, живущих на большой высоте (более 2500 м над уровнем моря), нормальная насыщаемость кислородом ниже, чем у живущих на уровне моря. На большой высоте $SpO_2 \leq 87\%$ может являться порогом, ниже которого следует обеспечить подачу кислорода	Сильная рекомендация (очень низкий уровень доказательности)

**Примечание:** Настоятельно рекомендуется, чтобы дети с сатурацией крови кислородом  $< 90\%$  получали кислородную терапию. В районах на больших высотах и с ограниченным содержанием кислорода, можно проводить кислородную терапию при более низком значении  $SpO_2$ .

После начала кислородотерапии ребенок должен быть осмотрен в течение 15–30 минут, чтобы убедиться в эффективности лечения. У детей с тяжелой гипоксемией коррекция кислорода может быть недостаточной, и клинические симптомы гипоксемии могут сохраняться, или уровень  $SpO_2$  по-прежнему может оставаться низким. Это не означает, что кислородотерапия неэффективна, она не должна прекращаться. У других детей состояние будет ухудшаться с большей или меньшей скоростью, несмотря на поступление кислорода. Существует ряд возможных причин отсутствия реакции на кислородотерапию у детей:

1. Доставка кислорода недостаточная. Проконтролируйте:
  - кислород поступает (положите конец трубки в стакан с водой и наблюдайте пузыри, или держите конец трубки близко к вашей руке, чтобы почувствовать поток воздуха)

- кислородная трубка не протекает;
  - носовые канюли или носовой катетер установлены правильно и проходимы;
  - если кислород поступает из концентратора, то его концентрация достаточна (> 85%). При использовании концентраторов важно иметь анализатор для измерения процентного содержания кислорода и скорости потока.
2. Другие возможные случаи перечислены в карманном справочнике по оказанию амбулаторной помощи детям ВОЗ (28), раздел 4, такие как
- плевральный выпот: выслушивайте стетоскопом дыхательные шумы с обеих сторон грудной клетки; сделайте рентгенограмму грудной клетки;
  - пневмоторакс: выслушивайте стетоскопом дыхательные шумы с обеих сторон грудной клетки; сделайте рентгенограмму грудной клетки;
  - обструкция верхних дыхательных путей (например, при крупе или наличии инородного тела): выслушивайте стридор;
  - бронхоспазм (например, тяжелая астма): выслушивайте стетоскопом хрипы;
  - заболевание сердца с цианозом или застойная сердечная недостаточность;
  - дыхательная недостаточность: дыхательные усилия ребенка недостаточны, или у ребенка снижена частота дыхания, или дыхание поверхностно, и ребенок вялый.
3. Если носовые канюли используются при максимальной скорости потока кислорода (от 4 л/мин до 8 л/мин для детей раннего возраста), и у ребенка по-прежнему сохраняется гипоксемия:
- Начать терапию путем создания постоянного положительного давления в дыхательных путях (СИПАП), если доступно оборудование (см. раздел 4), или применить механическую вентиляцию, если ваша больница имеет отделение интенсивной терапии.

Если терапия СИПАП недоступна, то

- По возможности используйте другой источник кислорода через кислородную маску (желательно с мешком) для увеличения фракции вдыхаемого кислорода;
- Если второй источник кислорода через кислородную маску недоступен, вставьте носоглоточный катетер, чтобы достичь более высокой концентрации вдыхаемого кислорода. Но никогда не используйте носовые канюли и носоглоточный катетер вместе.

---

## 5. Постоянное положительное давление воздуха в дыхательных путях

Постоянное положительное давление в дыхательных путях (СИПАП) представляет собой поставку воздуха с низким давлением для сохранения проходимости дыхательных путей. СИПАП обеспечивает ПДКВ<sup>3</sup> (положительное давление в конце выдоха) регулируемым объемом кислорода в дыхательные пути самопроизвольно дышащего пациента для поддержания объема легких во время выдоха. СИПАП уменьшает степень ателектаза (сегментарного коллапса альвеол и легких) и степень дыхательной недостаточности, а также улучшает оксигенацию (44). Оно показано младенцам с тяжелым респираторным дистресс-синдромом, гипоксемией или апноэ, которым не помогает оксигенотерапия (45).

Для СИПАП требуется источник продолжительной подачи воздуха (чаще всего воздушный компрессор) и кислородный гомогенизатор, подсоединенный к источнику. Система СИПАП доступна в некоторых больницах, но ее следует использовать только в случае ее надежности, когда кислородные системы нормально функционируют, а медицинский персонал достаточно хорошо обучен, и обеспечен тщательный контроль.

### 5.1 Система дыхания под постоянно положительным давлением с пузырьковым генератором давления

Положительное постоянное давление в дыхательных путях с пузырьковым контролем успешно используется в некоторых клиниках в развивающихся странах (46–48). Эта система состоит из трех частей:

1. **Непрерывная подача газа в цепь:** уровень потока газа, необходимый для генерации СИПАП, обычно составляет 5–10 литров в минуту. Этого уже достаточно для генерации СИПАП даже при отсутствии дополнительного кислорода ( $\text{FiO}_2 = 0,21$ ),<sup>4</sup> однако многим новорожденным требуется дополнительный кислород. Чаще всего, системе также требуется гомогенизатор, который смешивает кислород из источника (кислородного баллона или концентратора) непрерывным потоком воздуха для увеличения  $\text{FiO}_2$ .
2. **Короткие назальные канюли чаще всего используют для доставки назального СИПАП (рисунок 15).** Они должны плотно прилегать для предупреждения утечки воздуха (иначе не будет эффекта) и для предупреждения травматизации полости носа.
3. **Патрубок для выдоха, дистальный конец которого погружен в воду для обеспечения давления конца выдоха:** в СИПАП с пузырьковым контролем положительное давление поддерживается путем помещения интубационной трубки в воду. Давление выравнивается путем изменения глубины трубки под поверхностью воды.

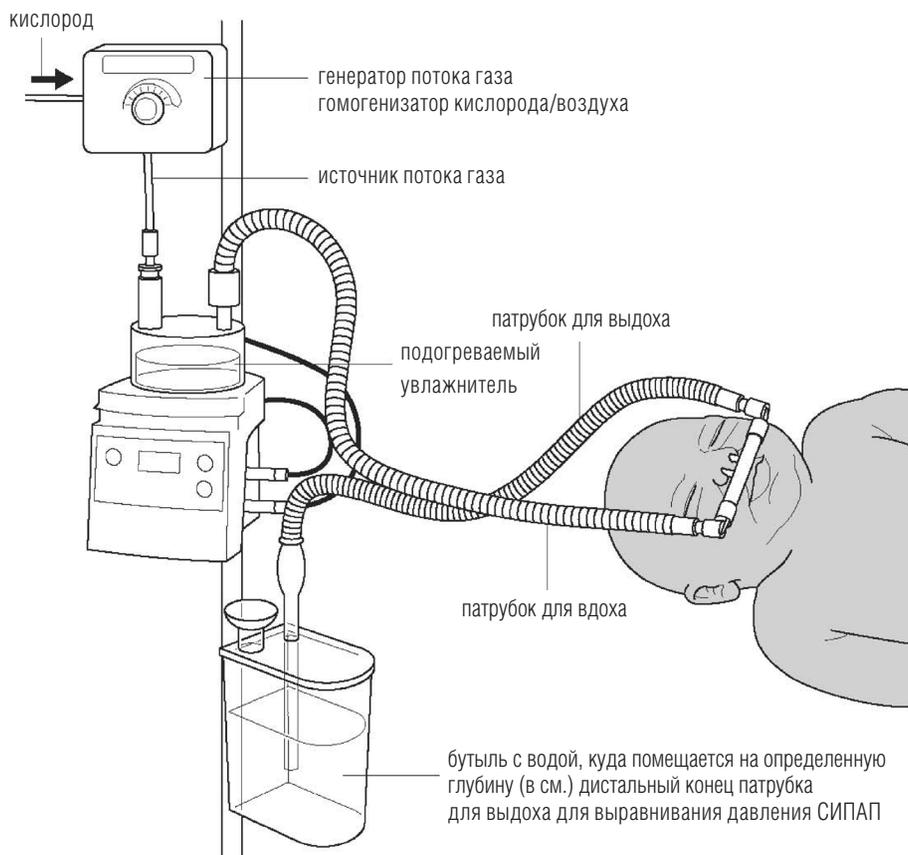
Доступно несколько коммерческих СИПАП-систем с пузырьковым контролем (таких как на [рисунок 15](#)). Их цена варьируется от нескольких сотен до 10000\$.

---

<sup>3</sup> Положительное давление конца выдоха (ПДКВ) – это давление в легких (в альвеолах), которое выше атмосферного давления (давления снаружи организма) в конце выдоха.

<sup>4</sup>  $\text{FiO}_2$  является фракцией (или процентом) концентрации кислорода, участвующего в газообмене в альвеолах; атмосферный воздух содержит 20,9% кислорода, эквивалентом чего является  $\text{FiO}_2$  равный 0,21, или 21%. Пациенты, получающие обогащенный кислородом воздух, дышат воздухом с  $\text{FiO}_2$  выше атмосферного.

**Рисунок 15. СИПАП с пузырьковым контролем, подсоединенный к ребенку при помощи плотно прилегающих назальных канюль**

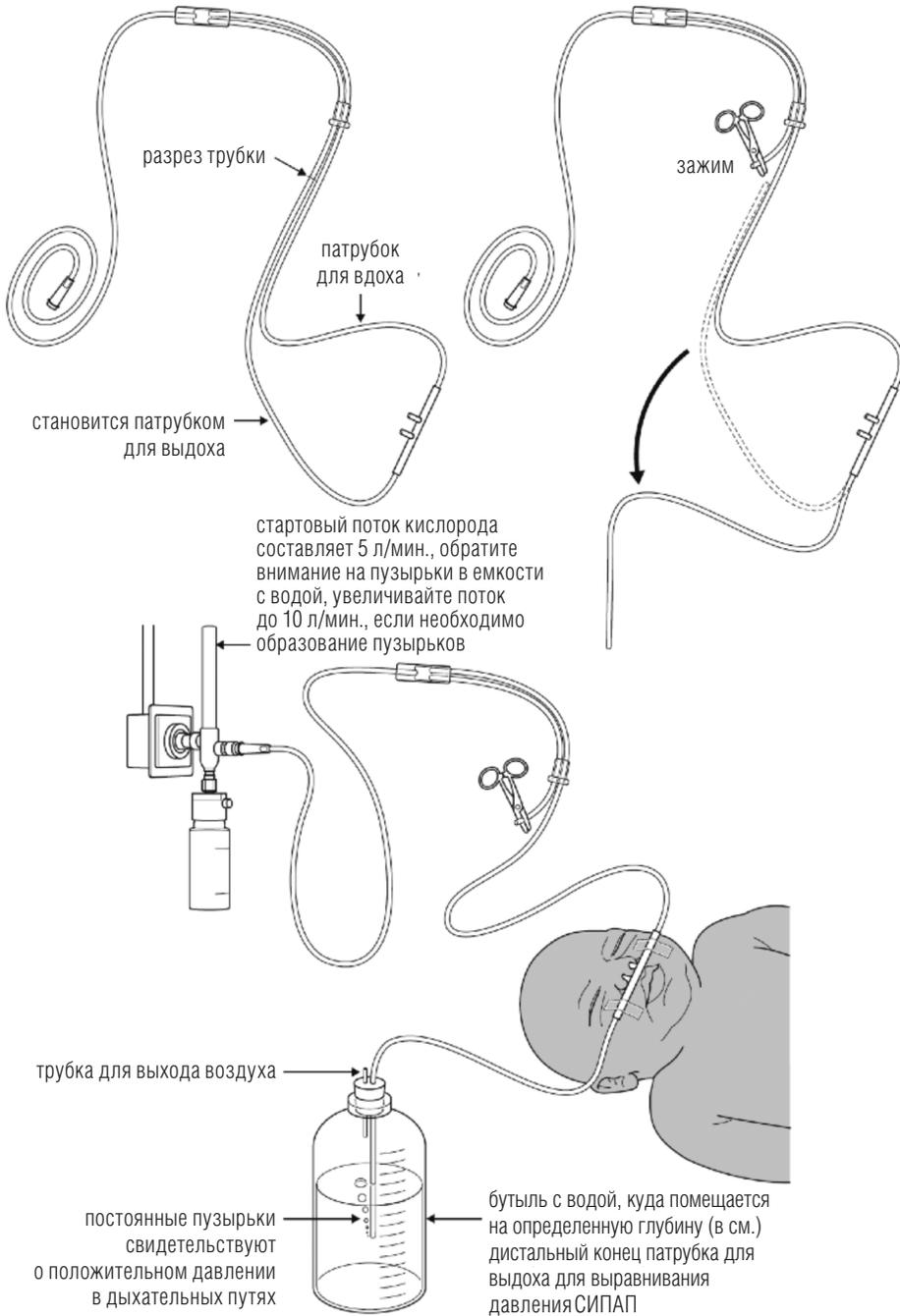


СИПАП, положительное постоянное давление в дыхательных путях

Недорогой вариант СИПАП с пузырьковым контролем может быть собран с использованием стандартных назальных канюлей. Этот способ изображен на [рисунках 16 и 17](#). Данная система используется в некоторых больницах в Азии (например, в детской клинике города Дакка в Бангладеш) (48).

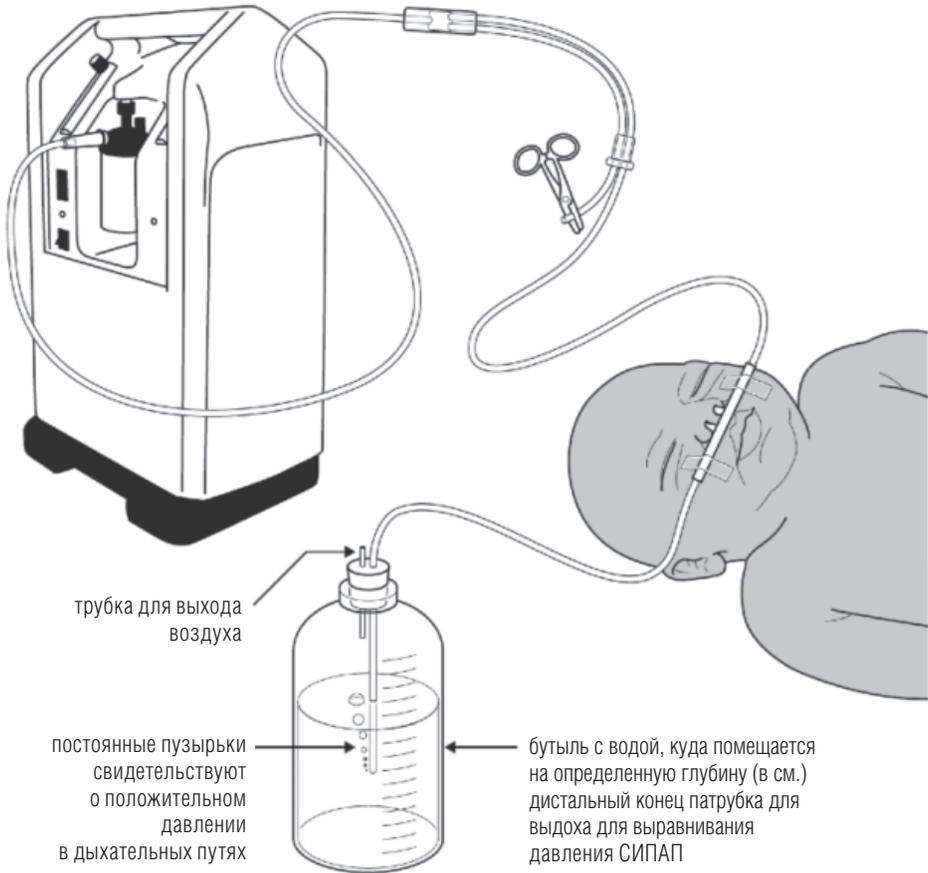
Детям старшего возраста, страдающим пневмонией, для создания СИПАП требуется уровень потока газа 5–10 литров в минуту, в то время как новорожденным может быть достаточно 3–4 литра в минуту. У новорожденных, появившихся на свет раньше 32 недели гестации, подача чистого кислорода является небезопасной, так как его высокая концентрация может вызвать ретинопатию новорожденных. Таким образом, недоношенным новорожденным требуется другой источник подачи воздуха, такой как гомогенизатор кислорода или воздушный компрессор. Для детей старшего возраста, которым требуется более высокий уровень потока для создания СИПАП, подходит использование концентратора с уровнем 10 литров в минуту.

**Рисунок 16. Недорогая СИПАП-система с модифицированными назальными канюлями**



**Рисунок 17. СИПАП-система с пузырьковым контролем с недорогими модифицированными назальными канюлями может работать вместе с концентратором кислорода**

Стартовый поток кислорода составляет 5 литров в минуту, обратите внимание на пузырьки в емкости с водой, увеличивайте поток до 10 литров в минуту, если необходимо образование пузырьков



## 5.2 Подача сильного потока кислорода через назальные канюли

Был описан опыт применения этого более простого, менее дорогого способа поставки СИПАП у новорожденных с подачей сильного потока кислорода (до 2 литров на килограмм массы тела в минуту) через обычные назальные канюли. Более сильные потоки воздушно-кислородной смеси через назальные канюли с увлажнением используются у недоношенных новорожденных и младенцев с очень тяжелой пневмонией или бронхолитом, которые не поддаются терапии стандартной подачей кислорода или при недостаточной вентиляции (50–53). СИПАП с высоким потоком может помочь увеличить объем легких, уменьшить степень ателектаза (сегментарного коллапса альвеол и легких) и стимулировать дыхательную активность у детей с апноэ.

Потоки кислорода через обычные назальные канюли в размере до 2 литров на килограмм массы тела в минуту используются в качестве альтернативы СИПАП с ме-

ханическим вентилятором или пузырьковой сетью. Для него требуется специальное оборудование: источник потока воздуха, гомогенизатор кислорода и увлажнитель.

Хотя ПДКВ может быть достигнуто благодаря подаче кислорода сильным потоком, это не идентично увеличению потока из стандартного источника кислорода, такого как кислородный баллон или концентратор. Этот способ требует эффективного увлажнения для предотвращения высыхания слизистой носа, кровотечения и обструкции полости носа. Для этого идеально подходит увлажнитель с подогревом, в то время как необогреваемый водный пузырьковый увлажнитель может не создать достаточную степень увлажнения при сильном потоке.

С целью контроля концентрации вдыхаемого кислорода для СИПАП с сильным потоком также требуется гомогенизатор кислорода и воздуха. Обеспечение очень высокой концентрации вдыхаемого кислорода в легких чаще всего является ненужным и потенциально опасным. При использовании СИПАП с сильным потоком также существует риск возникновения вздутия живота и пневмоторакса, который необходимо тщательно контролировать.

СИПАП с сильным потоком, подаваемым через назальные канюли, является перспективным недорогим методом, обеспечивающим дополнительную поддержку дыхания в больницах, где нет механических вентиляторов или стандартных СИПАП-систем; однако, опыт применения данного метода является недостаточным, и необходимо учитывать описанные выше риски. Достаточность вентиляции необходимо тщательно контролировать, так как сильный поток 100% кислорода способен поддерживать  $SpO_2$  в нормальных пределах, несмотря на опасную гиперкапнию и предвестники возникновения дыхательной недостаточности. СИПАП требует увлажнения и тщательного контроля.

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ

- Каждый ребенок с  $SpO_2$  меньше 90% должен получать кислород. Это правило больше всего подходит для медицинских учреждений, располагающихся на территориях на высоте до 2500 м выше уровня моря.
- Кислород всегда следует подавать непрерывно, его не следует вводить повторно через короткие промежутки (например, каждые час или два).
- Через 15–30 минут после начала оксигенотерапии ребенка следует осмотреть для того, чтобы понять, оказывает ли лечение должный эффект. У детей с тяжелой гипоксемией восстановление может оказаться неполным, у них могут оставаться некоторые клинические симптомы, или же  $SpO_2$  может оставаться низким. Это не означает, что оксигенотерапия не дает результата, ее не следует прерывать. Вместе с тем состояние некоторых детей может ухудшиться несмотря на оксигенотерапию, что также требует должной оценки.

## 6. Увлажнение

Некоторые способы доставки кислорода требуют применения увлажнителей для комфорта пациента. В этой главе объясняется, в каких случаях требуется увлажнение, и какие виды увлажнителей рекомендованы к использованию.

### 6.1 Рациональность

При слабом потоке кислорода (меньше 4 литров в минуту) через назальные канюли увлажнение не требуется. Исследование, проведенное на взрослых пациентах, получавших продолжительную оксигенотерапию через назальный катетер, не продемонстрировало никакой разницы в субъективной оценке назальных симптомов при подаче увлажненного и неувлажненного кислорода (34). Более чем 40 % пациентов жаловались на сухость в носу и сухость в горле, но эти симптомы были невыраженными и не усиливались значительно после подачи кислорода без предварительного увлажнения. Подача кислорода через назальные канюли или катетер с низким уровнем потока не требует увлажнения.

Увлажнение требуется в том случае, если кислород подается через назофарингеальный катетер, и у всех пациентов с установленной интубационной трубкой или проведенной трахеостомией. Проведенное в Гамбии исследование продемонстрировало более высокую степень обструкции полости носа слизью у детей, получавших кислород через назофарингеальный катетер, и было выдвинуто предположение о том, что это произошло отчасти из-за неувлажненного кислорода (35). В условиях тропического климата увлажнение не требуется – особенно если кислород подается из концентратора, а не из баллона, так как в концентраторах содержится кислород комнатной температуры, а в баллонах – холодный.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УВЛАЖНЕНИЮ КИСЛОРОДА

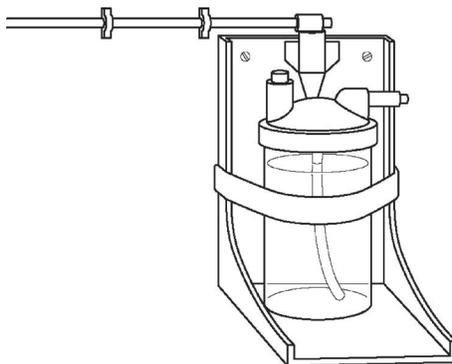
	РЕКОМЕНДАЦИЯ	КАЧЕСТВО ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ
1.	В том случае, если обеспечивается стандартный уровень потока кислорода (0,5–1 литр в минуту для новорожденного, 1–2 литра в минуту для младенца, 1–4 литра в минуту для ребенка старшего возраста) через назальный катетер или назальные канюли, увлажнение не требуется	Сильная рекомендация (низкий уровень доказательной базы)
2.	В том случае, если обеспечивается уровень потока кислорода выше стандартного (больше 4 литров в минуту) через назальный катетер или назальные канюли, увлажнение требуется	Сильная рекомендация (низкий уровень доказательной базы)

### 6.2 Ненагреваемые пузырьковые увлажнители

Ненагреваемый пузырьковый увлажнитель – это простое устройство, которое незначительно повышает стоимость оборудования для оксигенотерапии, но вследствие низкого коэффициента полезного действия его применение ограничено. Ненагреваемые пузырьковые увлажнители могут быть использованы в том случае, когда кислород поставляется из кислородных баллонов через назальный катетер, если назофарингеальный катетер используется для доставки кислорода с высокой скоростью потока.

Пузырьковые увлажнители (см. [рисунок 18](#)) уменьшают сухость кислорода в баллонах, пропуская его через воду при комнатной температуре. Пузырьковый увлажнитель заполняется чистой водой (дистиллированной водой или вскипяченной и охлажденной водопроводной) и затем плотно присоединяется к разьему для подачи кислорода, причем важно убедиться, что нет утечек кислорода, и образуются пузырьки. Количество воды в увлажнителе необходимо проверять ежедневно по два раза и при необходимости восполнять. Оборудование для увлажнения необходимо регулярно мыть и дезинфицировать для предотвращения бактериального обсеменения.

**Рисунок 18. Ненагреваемый пузырьковый увлажнитель, подсоединенный к кронштейну**



Техническое обслуживание увлажнителей также важно. Воду необходимо менять каждый день, а сам увлажнитель, бак для воды и катетер необходимо мыть в теплой воде с мылом, ополаскивать чистой водой и высушивать перед использованием. Один раз в неделю (или когда пациенту не требуется проведения оксигенотерапии) все детали увлажнителя необходимо замачивать в теплом антисептическом растворе на 15 минут, ополаскивать чистой водой и высушивать. Если увлажнитель будет высыхать полностью, то это воспрепятствует колонизации бактерий. Для того чтобы оксигенотерапия не прерывалась на время дезинфекции увлажнителя, необходимо иметь запасной чистый увлажнитель, заполненный чистой водой. Ненагреваемые увлажнители являются относительно эффективными даже при слабом потоке в условиях тропического климата.

Нагреваемые увлажнители ([рисунок 15](#)) являются более эффективными, чем ненагреваемые (54); однако они стоят относительно дорого и требуют продолжительного энергообеспечения. Пузырьковые увлажнители играют существенную роль в базовой оксигенотерапии при низких уровнях потока кислорода или при более высоких уровнях в том случае, если нагреваемый увлажнитель недоступен.

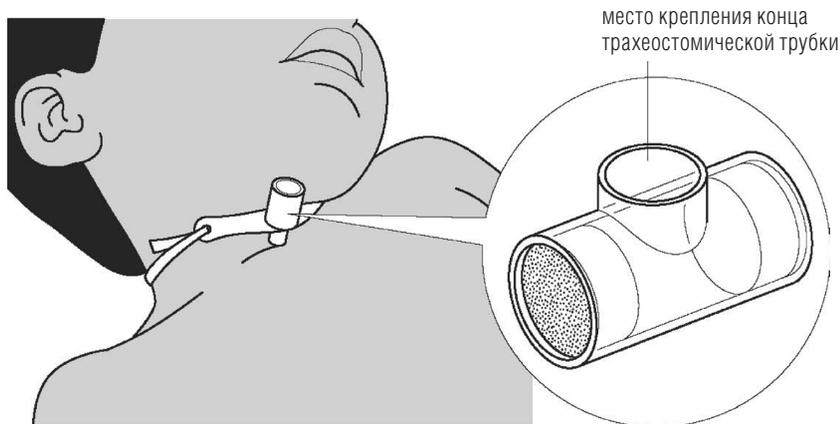
### 6.3 Безопасность увлажнителей

Основной проблемой, связанной с водными увлажнителями, является бактериальное загрязнение. В одном исследовании наполненные одноразовые баки сохраняли стерильность в течение 3 дней (55), однако в другом исследовании 22 из 30 баков в больничных увлажнителях были обсеменены бактериями (56). Увлажнители, заполненные водопроводной водой, оставались стерильными чаще, чем увлажнители, заполненные дистиллированной водой (57), однако в некоторых больницах водопроводная вода может быть контаминирована, что повышает риск возникновения внутрибольничных инфекций.

## 6.4 Доставка увлажненного кислорода пациентам с трахеостомией

Увлажнение необходимо пациентам, которым выполнена трахеостомия или находящимся на искусственной вентиляции легких. Носовая и ротовая полости принимают участие в согревании, очищении и увлажнении воздуха, которым мы дышим; однако трахеостомическая трубка (рисунок 19) препятствует этому, поэтому для сохранения жидкого состояния секретов и предотвращения возникновения слизистых пробок необходимо увлажнение. Пациенты, которым выполнена трахеостомия, чувствуют себя лучше всего при атмосферной влажности 50% и более. У пациентов, которые не находятся на искусственной вентиляции, жидкое состояние секретов может быть сохранено при помощи подсоединения обменника тепла и влаги (который иногда называют “Шведским носом”) к трахеостомической трубке (см. рисунок 19). Этот увлажняющий фильтр крепится к концу трахеостомической трубки; имеется несколько типов форм и размеров, но все они подходят к стандартной трахеостомической трубке. У пациентов, которым выполнена трахеостомия, или которые интубированы и получают оксигенотерапию или СИПАП предпочтение отдается нагреваемым увлажнителям в сравнении с ненагреваемыми.

**Рисунок 19.** Ребенок с трахеостомической трубкой. Схема работы обменника тепла и влаги, подсоединенного к трубке



### КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ:

- Увлажнение является необходимым только в тех случаях, когда кислород доставляется в обход полости носа или используется высокий поток кислорода. Когда кислород доставляется через назальный катетер или назальные канюли при низких уровнях потока, увлажнение чаще всего не требуется.
- Увлажнение является необходимым в том случае, когда холодный кислород доставляется из кислородного баллона через назофарингеальный катетер.
- Банки для воды необходимо регулярно дезинфицировать для предотвращения бактериального обсеменения.
- Увлажнение является необходимым для интубированных пациентов и тех, кому выполнена трахеостомия. Обструкция интубационной трубки вследствие образования вязкого секрета при недостаточном увлажнении служит причиной многих предотвратимых смертей в стационарах.

---

## 7. Наблюдение за состоянием детей во время оксигенотерапии

В большинстве стационаров наиболее подходящим способом контроля состояния детей является регулярное (не менее двух раз в день) проведение пульсоксиметрии. Это необходимо для выявления потребности в оксигенотерапии и для диагностики признаков тяжелого респираторного дистресс-синдрома у детей, уже получающих оксигенотерапию, а также для определения других клинических симптомов ухудшения состояния. Пульсоксиметрия может быть также использована для определения продолжительности оксигенотерапии. При тяжелой пневмонии гипоксемия может длиться от нескольких часов до нескольких недель; чаще всего ее продолжительность составляет 2–5 дней (14, 58). При пневмониях одинаковой степени тяжести гипоксемия может быть более продолжительной на территориях, расположенных выше уровня моря (35). У детей в стабильном состоянии с  $SpO_2 > 90\%$  оксигенотерапия должна прерываться один раз в день для определения того, нужно ее продолжать или нет (см. [раздел 7.1](#)).

Пульсоксиметрия не дает нам информации о концентрации углекислого газа в крови и об эффективности вентиляции. Маловероятно, что ребенку с нормальной сатурацией, который дышит комнатным воздухом, навредит вентиляция; однако после начала оксигенотерапии  $SpO_2$  может поддерживаться на нормальном уровне независимо от наличия тяжелой гиперкапнии. Так как пульсоксиметрия не может обозначить адекватность вентиляции у детей на оксигенотерапии, следует оценивать клинически работу дыхания, частоту дыхания и степень сознания. У ребенка с недостаточным уровнем вентиляции будет наблюдаться замедленное или поверхностное дыхание, сонливость.

В стационарах любые сомнения относительно достаточности вентиляции должны указывать на необходимость проверки проходимости дыхательных путей, а также оценки положения пациента для адекватной экскурсии грудной клетки (приподнятый на 20–30° головной конец кровати, возвышенное положение головы для уменьшения ригидности диафрагмы при наличии вздутия живота, введение назогастрального зонда для уменьшения вздутия). При возможности проведения СИПАП-терапии пациента необходимо перевести в отделение реанимации и интенсивной терапии.

Любой способ доставки кислорода должен контролироваться обученным персоналом с целью своевременного обнаружения и предотвращения осложнений. Каждые 3 часа медсестра должна проверять, находятся ли канюли или катетер в правильном положении и не забиты ли они слизью, безопасны ли все соединения, достаточен ли уровень потока кислорода, не забиты ли дыхательные пути слизью и нет ли вздутия живота. Канюли или катетеры следует удалять и чистить не реже двух раз в день.

У всех тяжелобольных детей необходимо регулярно контролировать витальные показатели и тяжесть состояния. Многие смертельные исходы в стационарах связаны с неадекватным мониторингом состояния пациентов (59). Так как  $SpO_2$  является витальным показателем в клинической практике, пульсоксиметрия представляет собой бесценный инструмент ежедневного мониторинга.

Для получения более подробной информации о мониторинге, смотрите ниже и [Приложения 1 и 2](#).

**КРИТЕРИИ НАЧАЛА И ПРЕКРАЩЕНИЯ ОКСИГЕНОТЕРАПИИ**

	<b>РЕКОМЕНДАЦИИ</b>	<b>КАЧЕСТВО ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ</b>
1.	Состояние детей с гипоксемией следует тщательно контролировать при помощи пульсоксиметрии	Сильная рекомендация <i>(очень низкое качество доказательной базы)</i>
2.	Оксигенотерапию необходимо прекратить у ребенка в клинически стабильном состоянии, когда сатурация в течение как минимум 15 минут стабильно находится на уровне 90% или выше на высоте больше 2500 метров над уровнем моря, а также на уровне 87% или выше на высоте больше 2500 метров над уровнем моря	Сильная рекомендация <i>(очень низкое качество доказательной базы)</i>

**7.1 Когда необходимо отменить оксигенотерапию**

По крайней мере один раз в день детям, которые находятся в клинически стабильном состоянии (не имеют угрожающих жизни симптомов и имеют  $SpO_2 > 90\%$ ) необходимо прекращать оксигенотерапию на 10–15 мин, а также тщательно оценивать изменения клинических симптомов и уровня  $SpO_2$ , чтобы оценить потребность в дополнительном кислороде. В первый раз потребность в оксигенотерапии лучше всего определять в утреннее время, когда весь персонал находится на рабочих местах и может участвовать в динамическом наблюдении за состоянием ребенка. Если определять потребность в оксигенотерапии в ночные часы при наличии только дежурного персонала, есть риск не заметить снижение сатурации во время сна пациента и недооценить риск возникновения гипоксии в ночное время.

У детей с  $SpO_2 < 90\%$ , все еще получающих оксигенотерапию, а также находящихся в нестабильном состоянии, не следует отменять подачу кислорода. Перед попыткой прекратить оксигенотерапию следует проверить уровень  $SpO_2$ , чтобы определить, является ли это безопасным ( $SpO_2$  должен быть выше 90%).

После этого ребенка следует отключить от источника кислорода и внимательно наблюдать за ним, для того чтобы избежать любых неблагоприятных осложнений гипоксии. Если возникает тяжелая гипоксемия ( $SpO_2 < 80\%$ ), появляется апноэ или тяжелый респираторный дистресс-синдром, оксигенотерапию необходимо немедленно возобновить. После прекращения оксигенотерапии у некоторых детей очень быстро возникает гипоксемия; это является показателем очень тяжелой болезни и высокого риска смерти. Родителям и медицинским сестрам нужно посоветовать следить за детьми, чтобы определить, появляется ли у них цианоз или тяжелый респираторный дистресс-синдром.

Если есть возможность постоянной подачи кислорода, дети должны получать оксигенотерапию до тех пор, пока их  $SpO_2$  при дыхании комнатным воздухом не достигнет уровня 90%. Если после попытки прекратить оксигенотерапию при дыхании комнатным воздухом  $SpO_2$  составляет не меньше 90%, то ее следует прекратить, а показатель  $SpO_2$  перепроверить через 1 час, так как за этот период иногда может возникать снижение сатурации.

У всех детей, у которых наблюдается ухудшение состояния, необходимо проверять уровень  $SpO_2$ , чтобы определить потребность в кислороде. Если условия позволяют, то оксигенотерапия должна продолжаться до тех пор, пока уровень  $SpO_2$  не будет стабильно выше 90% при дыхании комнатным воздухом на протяжении не менее 24 часов, а также до тех пор, пока не будут купированы все угрожающие жизни симптомы и не будет организовано надлежащее лечение на дому. Это, конечно, не относится к детям с врожденными пороками сердца синего типа, у которых наблюдается хроническая гипоксемия. У детей

с внутрисердечным сбросом крови справа налево (как, например, при тетраде Фалло), оксигенотерапия не поможет уменьшить степень цианоза или повысить уровень  $SpO_2$ .

Рентгенография грудной клетки не является показательной для определения потребности в начале оксигенотерапии или ее прекращения.

## 7.2 Общий уход за детьми с гипоксемией или острым респираторным дистресс-синдромом

Уход за детьми в состоянии гипоксии очень важен. Основными требованиями к условиям лечения ребенка являются обеспечение максимального покоя, выбор положения для ребенка, выпаивание, кормление и тщательный мониторинг.

Необходимо помнить, что любая двигательная активность ребенка требует большего количества кислорода. Забота о ребенке должна быть бережной и не причинять стресс или боль.

Дети часто сами выбирают наиболее удобное для себя положение в постели или на коленях у матери, однако иногда их дыхание может быть свободнее, особенно во время кормления грудью, если головной конец приподнят приблизительно на  $30^\circ$  с поддержкой в области шеи. Некоторые новорожденные и дети младшего возраста, находящиеся в состоянии гипоксии, могут быть более стабильными в положении лежа, так как в данной позиции их дыханию ничто не мешает.

Для кормления и выпаивания детей в состоянии гипоксемии следует придерживаться следующих рекомендаций:

- Для уменьшения риска аспирации избегать кормления через рот в тех случаях, когда у ребенка наблюдаются выраженные втяжения грудной клетки или тяжелый респираторный дистресс-синдром.
- Использовать инфузионную терапию или кормление через назогастральный зонд в зависимости от того, что является более безопасным и приемлемым.
- **Не вводить больших объемов жидкостей внутривенно**, так как это может привести к отеку легких и усугубить гипоксемию. Максимально допустимый объем вводимой внутривенно жидкости обычно составляет 2–3 мл на килограмм массы тела в час, и введение должно быть прекращено после появления возможности кормления через рот или через назогастральный зонд.
- Если ребенок кормится через назогастральный зонд, необходимо кормить его маленькими объемами и проверять положение зонда в желудке. Не следует обильно кормить ребенка с тяжелым респираторным дистресс-синдромом через назогастральный зонд, так как это может привести к рвоте и аспирации.
- После того, как тяжелый респираторный дистресс-синдром будет купирован, следует убедиться в том, что ребенок получает надлежащее питание – желателен грудное молоко.

### *Преодоление родительских страхов в отношении оксигенотерапии*

Родителям необходимо рассказать о важности оксигенотерапии, чтобы побороть их страхи. Многие родители боятся оксигенотерапии и кислородных катетеров – возможно, потому что они видели, как другие дети получали кислород перед смертью, и думают, что именно оксигенотерапия послужила причиной смерти. Может быть полезным показать родителям работающий пульсоксиметр и объяснить, почему у ребенка низкий уровень сатурации. Также может оказаться полезным показать им клинические симптомы (такие как втяжение уступчивых мест грудной клетки и цианоз десен и языка); после начала оксигенотерапии родители увидят, что  $SpO_2$  растет, а респираторный дистресс-синдром купируется. В одной больнице Папуа-Новой Гвинеи количество матерей, которые избегали

лечения своих детей, значительно уменьшилось – с 25% до 8% – вследствие того, что детям проводилась ежедневная пульсоксиметрия (14, 50), а матерям разъяснялась суть мониторинга и его связь с доставкой кислорода и необходимостью оставаться на стационарном лечении. Пульсоксиметрию решено было проводить ежедневно с целью демонстрации заботы о состоянии ребенка, и матери это оценили. После объяснения даже матери с низким уровнем образования смогли понять значение показателей на дисплее пульсоксиметра и их допустимые значения.

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕЗИСЫ

- Детям, получающим кислородотерапию, необходимо проводить пульсоксиметрию не реже двух раз в день.
- Каждые 3 часа медицинская сестра должна проверять, находятся ли канюли или катетер в правильном положении, и не забыты ли они слизью, безопасны ли все соединения, достаточен ли уровень потока кислорода, не забыты ли дыхательные пути слизью, и нет ли вздутия живота. Канюли или катетеры необходимо удалять и чистить как минимум два раза в день.
- SpO<sub>2</sub> является жизненно важным клиническим показателем; пульсоксиметрия является бесценным средством ежедневного мониторинга.
- При тяжелом течении пневмонии гипоксемия может наблюдаться на протяжении нескольких часов или нескольких недель; средняя продолжительность составляет 2–5 дней.
- Как минимум один раз в день детям в клинически стабильном состоянии (при отсутствии клинических симптомов и SpO<sub>2</sub> > 90%) необходимо прекращать кислородотерапию на 10–15 минут, после чего тщательно проверять у них динамику клинических симптомов и уровня SpO<sub>2</sub> для определения потребности в кислороде.
- Детям нельзя прекращать кислородотерапию до тех пор, пока их SpO<sub>2</sub> не стабилизируется на уровне 90% или выше при дыхании комнатным воздухом на протяжении как минимум 24 часов, а также до тех пор, пока все угрожающие жизни симптомы не купируются, и не будет организовано надлежащее лечение на дому.

---

## Использованная литература

1. United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation. Levels and trends in child mortality. Report 2015. New York: United Nations Children's Fund; 2015.
2. Walker CL, Rudan I, Liu L, Nair H, Theodoratou E, Bhutta ZA, et al. Global burden of childhood pneumonia and diarrhoea. *Lancet* 2013;381:1405–1416.
3. Subhi R, Adamson M, Campbell H, Weber M, Smith K, Duke T, et al. The prevalence of hypoxaemia among ill children in developing countries. *Lancet Infect Dis* 2009;9:219–227.
4. Duke T, Wandt F, Jonathan M, Matai S, Kaupa M, Sa'avu M, et al. Improved oxygen systems for childhood pneumonia: a multihospital effectiveness study in Papua New Guinea. *Lancet* 2008;372:1328–1333.
5. Subhi R, Smith K, Duke T. When should oxygen be given to children at high altitude? A systematic review to define altitude-specific hypoxaemia. *Arch Dis Child* 2009; 94:6–10.
6. Laman M, Ripa P, Vince J, Tefuarani N. Can clinical signs predict hypoxaemia in Papua New Guinean children with moderate and severe pneumonia? *Ann Trop Paediatr* 2005;25:23–27.
7. Duke T, Blaschke AJ, Sialis S, Bonkowsky JL. Hypoxaemia in acute respiratory and non respiratory illness in neonates and children in a developing country. *Arch Dis Child* 2002;86:108–112.
8. Duke T. Neonatal pneumonia in developing countries. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2005;90:211–219.
9. Rahnama'i MS, Geilen RP, Singhi S, van den Akker M, Chavannes NH. Which clinical signs and symptoms predict hypoxemia in acute childhood asthma? *Indian J Pediatr* 2006;73:771–775.
10. Muhe L, Weber M. Oxygen delivery to children with hypoxaemia in small hospitals in developing countries. *Int J Tuberc Lung Dis* 2001;5:527–532.
11. Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis. *Resp Physiol Neurobiol* 2007;155:268–279.
12. Rojas MX, Granados Rugeles C, Charry-Anzola LP. Oxygen therapy for lower respiratory tract infections in children between 3 months and 15 years of age. *Cochrane Database Syst Rev* 2009;CD005975.

13. Ayieko P, English M. In children aged 2–59 months with pneumonia, which clinical signs best predict hypoxaemia? *J Trop Paediatr* 2006; 52:307–310.
14. Duke T, Frank D, Mgone J. Hypoxaemia in children with severe pneumonia in Papua New Guinea. *Int J Tuberc Lung Dis* 2000;5:511–519.
15. Onyango FE, Steinhoff MC, Wafula EM, Wariua S, Musia J, Kitonyi J. Hypoxaemia in young Kenyan children with acute lower respiratory infection. *BMJ* 1993;306:612–615.
16. O’Dempsey TJ, Todd JE. Chest infections in African children. *BMJ* 1993;306:1342.
17. Falade AG, Tschappeler H, Greenwood BM, Mulholland EK. Use of simple clinical signs to predict pneumonia in young Gambian children: the influence of malnutrition. *Bull World Health Organ* 1995;73:299–304.
18. Lozano JM, Steinhoff M, Ruiz JG, Mesa ML, Martinez N, Dussan B. Clinical predictors of acute radiological pneumonia and hypoxaemia at high altitude. *Arch Dis Child* 1994;71:323–327.
19. Reuland DS, Steinhoff MC, Gilman RH, Bara M, Olivares EG, Jabra A, et al. Prevalence and prediction of hypoxaemia in children with respiratory infections in the Peruvian Andes. *J Pediatr* 1991;119:900–906.
20. O’Dempsey TJ, McArdle TF, Laurence BE, Lamont AC, Todd JE, Greenwood BM. Overlap in the clinical features of pneumonia and malaria in African children. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1993;87:662–665.
21. Simoes EA, Roark R, Berman S, Esler LL, Murphy J. Respiratory rate: measurement of variability over time and accuracy at different counting periods. [Comment]. *Arch Dis Childh* 1991;66:1199–1203.
22. Weber MW, Usen S, Palmer A, Shabbar J, Mulholland EK. Predictors of hypoxaemia in hospital admissions with acute lower respiratory tract infection in a developing country. *Arch Dis Child* 1997;76:310–314.
23. Rajesh VT, Singhi S, Kataria S. Tachypnoea is a good predictor of hypoxia in acutely ill infants under 2 months. *Arch Dis Childh* 2000;82:46–49.
24. Usen S, Weber M, Mulholland K, Jaffar S, Oparaugo A, Adegbola R, et al. Clinical predictors of hypoxaemia in Gambian children with acute lower respiratory tract infection: prospective cohort study. *BMJ* 1999;318:86–91.
25. Smyth A, Carty H, Hart CA. Clinical predictors of hypoxaemia in children with pneumonia. *Ann Trop Paediatr* 1988;18:31–40.
26. Schnapp L. Uses and abuses of pulse oximetry. *Chest* 1990;98:1244–1250.
27. Weber MW, Mulholland EK. Pulse oximetry in developing countries. *Lancet* 1998; 351:1589.

28. Pocket book of hospital care for children: guidelines for the management of common childhood illnesses. 2nd edition. Geneva: World Health Organization; 2013.
29. Malkin RA. Design of healthcare technology for the developing world. *Annu Rev Biomed Eng* 2007;9:567–587.
30. Frey B, Shann F. Oxygen administration in infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2003;88:F84–F88.
31. Frey B, McQuillan PJ, Shann F, Freezer N. Nasopharyngeal oxygen therapy produces positive end-expiratory pressure in infants. *Eur J Pediatr* 2001;160: 556–560.
32. Sreenan C, Lemke RP, Hudson-Mason A, Osiovich H. High-flow nasal cannulae in the management of apnea of prematurity: a comparison with conventional nasal continuous positive airway pressure. *Pediatrics* 2001;107:1081–1083.
33. Muhe L, Degefu H, Worku B, Oljira B, Mulholland EK. Comparison of nasal prongs with nasal catheters in the delivery of oxygen to children with hypoxia. *J Trop Pediatr* 1998;44:365–368.
34. Campbell EJ, Baker D, Crites-Silver P. Subjective effects of humidification of oxygen for delivery by nasal cannula. *Chest* 1988;93:289–293.
35. Weber MW, Palmer A, Oparaugo A, Mulholland EK. Comparison of nasal prongs and nasopharyngeal catheter for the delivery of oxygen in children with hypoxaemia because of lower respiratory tract infection. *J Pediatr* 1995;127:378– 383.
36. Kuluz JW, McLaughlin GE, Gelman B, Cantwell P, Thomas J, Mahon T, et al. The fraction of inspired oxygen in infants receiving oxygen via nasal cannula often exceeds safe levels. *Respir Care* 2001;46:897–901.
37. Shann F, Gatchalian S, Hutchinson R. Nasopharyngeal oxygen in children. *Lancet* 1988;ii:1238–1240.
38. Muhe L, Degefu H, Worku B, Oljira B, Mulholland EK. Oxygen administration to hypoxic children in Ethiopia: a randomized controlled study comparing complications in the use of nasal prongs with nasopharyngeal catheters. *Ann Trop Paediatr* 1997;17:273–281.
39. Klein M, Reynolds LG. Nasopharyngeal oxygen in children. *Lancet* 1989;i:493– 494.
40. Daga SR, Vesma B, Gosavi DV. Oropharyngeal delivery of oxygen to children. *Trop Doct* 1999;29:98–99.
41. SUPPORT Study Group of the Eunice Kennedy Shriver NICHD Neonatal Research Network. Target ranges of oxygen saturation in extremely preterm infants. *N Engl J Med* 2010;362:1959–1969.
42. Yee W, Chen SY, Singhal N. Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr* 2006;148:590–594.
43. Kattwinkel J, Niermeyer S, Nadkarni V, Tibballs J, Phillips B, Zideman D, et al. ILCOR advisory statement: resuscitation of the newly born infant. *Pediatrics* 1999;103:e56.

44. Wilson PT, Morris MC, Biagas KV, Otupiri E, Moresky RT. A randomized clinical trial evaluating nasal continuous positive airway pressure for acute respiratory distress in a developing country. *J Pediatr* 2013;162:988–992
45. Duke T. CPAP: a guide for clinicians in developing countries. *Paediatr Int Child Health* 2014;34:3–11.
46. Martin S, Duke T, Davis P. Efficacy and safety of bubble CPAP in neonatal care in low and middle income countries: a systematic review. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2014;99:495–504.
47. van den Heuvel M, Blencowe H, Mittermayer K, Rylance S, Couperus A, Heikens GT et al. Introduction of bubble CPAP in a teaching hospital in Malawi. *Ann Trop Paediatr* 2012; 31:59–65.
48. Chisti MJ, Salam MA, Smith JH, Ahmed T, Pietroni MC, Shahunja KM, et al. Bubble continuous positive airway pressure for children with severe pneumonia and hypoxaemia in Bangladesh: an open, randomised controlled trial. *Lancet* 2015;386:1057–1065.
49. Tagare A, Kadam S, Vaidya U, Pandit A, Patole S. Bubble CPAP versus ventilator CPAP in preterm neonates with early onset respiratory distress – a randomised controlled trial. *J Trop Paediatr* 2013; 59:113–119.
50. McKiernan C, Chua LC, Visintainer PF, Allen H. High flow nasal cannulae therapy in infants with bronchiolitis. *J Pediatr* 2010;156:634–638.
51. Spentzas T, Minarik M, Patters AB, Vinson B, Stidham G. Children with respiratory distress treated with high-flow nasal cannula. *J Intensive Care* 2009; 24:323–328.
52. Hilliard TN, Archer N, Laura H, Heraghty J, Cottis H, Mills K, et al. Pilot study of vapotherm oxygen delivery in moderately severe bronchiolitis. *Arch Dis Childh* 2011;97:183.
53. Lampland AL, Plumm B, Meyers PA, Worwa CT, Mammel MC. Observational study of humidified high-flow nasal cannula compared with nasal continuous positive airway pressure. *J Pediatr* 2009;154:177–182.
54. Randerath WJ, Meier J, Genger H, Domanski U, Ruhle KH. Efficiency of cold passover and heated humidification under continuous positive airway pressure. *Eur Respir J* 2002;20:183–186.
55. Koss JA, Conine TA, Eitzen HE, LoSasso AM. Bacterial contamination potential of sterile, prefilled humidifiers and nebulizer reservoirs. *Heart Lung* 1979;8:1117–1121.
56. Cameron JL, Reese WA, Tayal VS, Clark RF, Kelso D, Gonzalez ER, et al. Bacterial contamination of ambulance oxygen humidifier water reservoirs: a potential source of pulmonary infection. *Ann Emerg Med* 1986;15:1300–1302.
57. Cahill CK1, Heath J. Sterile water used for humidification in low-flow oxygen therapy: is it necessary? *Am J Infect Control* 1990;18:13–17.

58. Duke T, Poka H, Frank D, Michael A, Mgone J, Wal T. Chloramphenicol versus benzylpenicillin and gentamicin for the treatment of severe pneumonia in children in Papua New Guinea: a randomised trial. *Lancet* 2002;359:474–480.
59. Nolan T, Angos P, Cunha AJ, Muhe L, Qazi S, Simoes EA, et al. Quality of hospital care for seriously ill children in less-developed countries *Lancet* 2003;361:106–110.

---

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Практическое применение пульсоксиметрии в детских стационарах

Пульсоксиметрия позволяет получать жизненно важную информацию о болеющем ребенке. Она является простым и наиболее доступным способом для определения того, нуждается ли ребенок в оксигенотерапии, хотя необходимо также обращать внимание на клинические симптомы гипоксемии и тяжелого заболевания.

### A1.1 Когда следует использовать пульсоксиметр?

Пульсоксиметр необходимо использовать для мониторинга:

- у всех детей в приемном отделении (не только у больных пневмонией);
- состояния детей во время обходов в отделении и сестринских обходов;
- у всех детей, чье состояние ухудшается, наблюдаются признаки респираторного дистресс-синдрома, апноэ и нарушения сознания.

### A1.2 Как пользоваться пульсоксиметром?

1. Включите пульсоксиметр.
2. Убедитесь, что ребенок находится в удобном положении на руках (на коленях) у родителя.
3. Наденьте датчик пульсоксиметра на палец руки или ноги ребенка.
4. Дождитесь ясного пульсового сигнала.
5. Дождитесь появления на дисплее значений  $SpO_2$  и частоты пульса.
6. Если вы не уверены в точности значений пульса или  $SpO_2$ , проверьте частоту сердечных сокращений при помощи фонендоскопа или пальпаторно определите частоту пульса.
7. Если уровень  $SpO_2$  меньше 90%, начните оксигенотерапию.
  - через назальные канюли или назальный катетер;
  - продолжительно при уровне потока кислорода 0,5–2 литра в минуту.
8. Снова проверьте  $SpO_2$ .
9. Для решения вопроса о продолжении оксигенотерапии у выздоравливающего ребенка проверьте  $SpO_2$  и частоту пульса через 15 минут после отключения кислорода.

### A1.3 Ежедневный мониторинг пульсоксиметрии

Детям, получающим кислородотерапию, следует проводить пульсоксиметрию хотя бы два раза в день.

1. Прекратите подачу кислорода, если у ребенка не наблюдается тяжелого респираторного дистресс-синдрома.
2. Контролируйте показатели  $SpO_2$ .
3. Если через 15 минут после прекращения оксигенотерапии уровень  $SpO_2$  выше 90%, не возобновляйте ее.
4. Через 1 час снова проверьте уровень  $SpO_2$ .
5. Если уровень  $SpO_2$  меньше 90%, возобновите оксигенотерапию.
6. Каждый день записывайте показатели  $SpO_2$  и частоты пульса и указывайте, получал ли при этом ребенок кислород (то есть данные пульсоксиметрии получены при дыхании комнатным воздухом или на фоне дотации кислорода).

7. Регулярно используйте пульсоксиметрию с целью мониторинга насыщения крови кислородом у детей, у которых наблюдается нарастание респираторного дистресс-синдрома, апноэ, угнетение сознания или любые другие симптомы ухудшения состояния.

#### **A1.4 Подготовка ребенка к выписке из больницы**

Пульсоксиметрию можно использовать и для того, чтобы определить, можно ли выписать ребенка домой. В большинстве случаев небезопасно отправлять домой ребенка с уровнем SpO<sub>2</sub> меньше 90%. Вместе с тем, чтобы выписать ребенка, необязательно ждать полной нормализации SpO<sub>2</sub>. Если ребенок хорошо себя чувствует, при отсутствии оксигенотерапии в течение 12–24 часов уровень SpO<sub>2</sub> стабильно выше 90%, и если родители знают, как необходимо осуществлять уход за ребенком на дому, то его можно выписать из больницы.

#### **A1.5 Уход за пульсоксиметром**

Провода и датчики пульсоксиметра являются хрупкими, поэтому за ними необходимо тщательно следить. Их не следует класть на пол, так как на них можно наступить.

Важно содержать датчики пульсоксиметра в чистоте, с тем чтобы они не служили средством передачи инфекции от одного пациента к другому. Их необходимо протирать спиртовой салфеткой после каждого пациента. После каждого использования пульсоксиметра медицинские работники должны мыть руки.

Не забывайте регулярно подключать пульсоксиметр к электросети для зарядки.

---

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Кислородотерапия при помощи концентраторов кислорода

#### A2.1 Что такое кислородный концентратор?

Концентраторы кислорода – это устройства, которые выделяют кислород из атмосферного воздуха и задерживают молекулы азота. На выходе получается газовая смесь, на 95% состоящая из кислорода. Для их применения требуется источник длительной подачи энергии (например, электросеть), а также запасной генератор или кислородный баллон на случай отключения электричества.

#### A2.2 Применение концентратора кислорода

1. Расположите концентратор на расстоянии как минимум 30 сантиметров от стены или занавески – так, чтобы впускной патрубок не был ничем загорожен.
2. Подсоедините кислородную трубку к разделителю потока или кислородному разъему.
3. Подсоедините кабель питания к розетке.
4. Включите концентратор (нажмите на кнопку включения). После достижения достаточно высокой концентрации кислорода должен загореться зеленый свет.
5. Установите подходящий для пациента уровень потока кислорода или, если используется разделитель потока, количество пациентов, которым требуется кислород.

#### A2.3 Эксплуатация кислородного концентратора

Уход за концентратором кислорода требует приблизительно 30-ти минут каждую неделю. Концентраторы имеют большой разбираемый фильтр над кислородным разъемом для предотвращения попадания в прибор пыли и других мелких частиц. Фильтр необходимо отсоединять и мыть в теплой воде с мылом, после чего насухо вытирать и вставлять на место.

Корпус концентратора кислорода необходимо чистить с использованием теплых дезинфицирующих растворов или слабых хлорсодержащих растворов (с концентрацией гипохлорита натрия 5,25%). Можно использовать раствор с соотношением хлорсодержащего раствора и воды от 1:100 до 1:10, в зависимости от содержания в нем органических веществ. Нанесите раствор на корпус концентратора на 10 минут, после чего смойте его и высушите поверхность.

#### A2.4 Подача кислорода через кислородный концентратор

Кислород обычно подается через назальный катетер или назальные канюли.

##### *Назальный катетер*

Назальный катетер с диаметром 6 или 8 Френч вводится на глубину, равную расстоянию от ноздри до внутреннего края брови (см. [рисунок A2.1](#)). Обычно это соответствует расстоянию от входа в нос до задней стенки носоглотки. Для новорожденных установите уровень потока кислорода равный 0,5 литров в минуту, для младенцев и детей старшего возраста – 1–2 литра в минуту. При низком уровне потока кислорода с использованием назального катетера увлажнения не требуется. Если кислородный катетер отсутствует, можно использовать назогастральный зонд с обрезанным концом, и этот метод будет дешевле. Катетеры следует удалять и чистить два раза в день, так как они могут забиваться слизью.

### Назальные канюли

В больницах, где имеются назальные канюли, их вводят через ноздри и фиксируют при помощи пластыря, как изображено на [рисунке A2.2](#). Установите поток кислорода на уровне 0,5–1 литр в минуту для новорожденных и 1–2 литра в минуту для младенцев и детей раннего возраста, вплоть до 4 литров в минуту у детей дошкольного и школьного возраста. При использовании назальных канюль увлажнения не требуется, если требуется низкий поток кислорода.

Кислородные канюли являются более дорогими, чем кислородные катетеры, но их можно использовать неоднократно при условии тщательного замачивания в чистой теплой воде с мылом, после чего их следует выполаскивать в воде и тщательно высушивать.



**Рисунок A2.1.** Установленный назальный катетер

### A2.5 Мониторинг

После начала проведения оксигенотерапии проверьте уровень сатурации при помощи пульсоксиметра, а также клинические признаки гипоксемии.

Если после начала оксигенотерапии уровень  $SpO_2$  у ребенка все еще ниже 90%, или у него наблюдается цианоз или выраженные втяжения грудной клетки при дыхании, увеличьте поток кислорода до 2 литров в минуту у младенцев или до 4 литров в минуту у ребенка старшего возраста. Если, несмотря на это, у ребенка все еще наблюдаются симптомы гипоксемии, то проверьте следующее:

- обеспечивает ли концентратор доставку потока кислорода;
- исправен ли концентратор;
- идет ли поток кислорода из катетера или канюль (поместите конец в емкость с водой и ждите появления пузырьков газа, или поднесите конец близко к своей руке для того, чтобы почувствовать поток воздуха);
- нет ли в системе утечек кислорода;
- нет ли у ребенка обструкции полости носа.

Не используйте у новорожденных или младенцев поток кислорода больше 2 литров в минуту, так как это может привести к растяжению желудка. Любому младенцу, который не может совершать сосательные движения, или которому требуется поток кислорода на уровне 2 литров в минуту, следует ввести назогастральный зонд с целью декомпрессии желудка.



**Рисунок A2.2.** Назальные канюли

Если  $SpO_2$  остается на уровне ниже 90%, или если симптомы гипоксемии усугубляются, ребенку может потребоваться оксигенотерапия высоким потоком через кислородную маску, если она доступна. Проконсультируйтесь у ответственного за больничное оборудование для проверки функционирования концентратора.

### **A2.6 Кислород может вызвать быстрое распространение огня**

Очень важно не держать источники открытого пламени или сигареты на расстоянии ближе 3 метров от источника кислорода. Во всех местах, где используется кислород, должны быть установлены таблички “Курить запрещено”.

---

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Кислородотерапия при помощи кислородных баллонов

#### А3.1 Кислородные баллоны

Кислородные баллоны содержат сжатый кислород в газообразном состоянии. Они должны иметь регулятор, ограничивающий давление поставляемого кислорода, шкалу для определения количества кислорода в баллоне и измеритель потока кислорода.

При использовании кислородного баллона:

- Проверьте плотность всех соединений (между баллоном и регулятором, а также между регулятором и измерителем потока) для того, чтобы не было утечек кислорода.
- Откройте регулятор и проверьте количество кислорода в баллоне по шкале. Если показатель находится в красной зоне шкалы, то кислород в баллоне практически закончился. Никогда не допускайте использования такого баллона у ребенка в течение длительного времени, так как кислород в нем может закончиться, и у ребенка возникнет гипоксемия.

#### А3.2 Подача кислорода

Чаще всего подача кислорода происходит через назальный катетер или назальные канюли (см. приложение 2).

#### А3.3 Мониторинг

После начала оксигенотерапии проверьте сатурацию при помощи пульсоксиметра и проверьте наличие у ребенка симптомов гипоксемии. Если уровень  $SpO_2$  у ребенка все еще ниже 90%, или же у него наблюдается цианоз или тяжелое втяжение грудной клетки, увеличьте уровень потока кислорода до 2 литров в минуту у младенца или до 4 литров в минуту у ребенка старшего возраста. Если, несмотря на это, у ребенка все еще сохраняются симптомы гипоксемии, проверьте следующее:

- содержится ли в баллоне достаточное количество кислорода;
- идет ли из катетера или канюль поток кислорода (опустите конец в емкость с водой и ждите появления пузырьков газа, или поднесите конец к своей ладони, чтобы почувствовать поток воздуха);
- нет ли в системе утечек кислорода;
- нет ли у ребенка обструкции полости носа.

#### А3.4 Эксплуатация кислородных баллонов

Важно контролировать количество кислорода в баллоне. Если показатель находится в красной зоне шкалы, то емкость необходимо скоро сменить. Никогда не допускайте использования такого баллона у ребенка в течение всей ночи, так как кислород в нем может закончиться, и у ребенка возникнет гипоксемия.

Вы должны предвидеть необходимость дополнительного источника кислорода и обеспечить его запасы до того, как он закончится.

### **A3.5 Кислород может вызвать быстрое распространение огня**

Очень важно не держать источники открытого пламени или сигареты на расстоянии ближе 3 метров от источника кислорода. Во всех местах, где используется кислород, должны быть установлены таблички “Курить запрещено”. В случае возникновения пожара рекомендуется использовать средства противопожарной защиты.

## Европейское региональное бюро ВОЗ

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) – специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, созданное в 1948 г., основная функция которого состоит в решении международных проблем здравоохранения и охраны здоровья населения. Европейское региональное бюро ВОЗ является одним из шести региональных бюро в различных частях земного шара, каждое из которых имеет свою собственную программу деятельности, направленную на решение конкретных проблем здравоохранения обслуживаемых ими стран.

### Государства-члены

Австрия  
Азербайджан  
Албания  
Андорра  
Армения  
Беларусь  
Бельгия  
Болгария  
Босния и Герцеговина  
Венгрия  
Германия  
Греция  
Грузия  
Дания  
Израиль  
Ирландия  
Исландия  
Испания  
Италия  
Казахстан  
Кипр  
Кыргызстан  
Латвия  
Литва  
Люксембург  
Мальта  
Монако  
Нидерланды  
Норвегия  
Польша  
Португалия  
Республика Молдова  
Российская Федерация  
Румыния  
Сан-Марино  
Северная Македония  
Сербия  
Словакия  
Словения  
Соединенное Королевство  
Таджикистан  
Туркменистан  
Турция  
Узбекистан  
Украина  
Финляндия  
Франция  
Хорватия  
Черногория  
Чехия  
Швейцария  
Швеция  
Эстония

Это руководство является частью серии документов ВОЗ по повышению качества лечения тяжелобольных детей в медицинских учреждениях. Оно предназначено для руководителей здравоохранения и медицинских работников как руководство, направленное на увеличение доступности и адекватности оксигенотерапии, в том числе в условиях ограниченности ресурсов.

Руководство ссылается на необходимость надлежащей диагностики гипоксемии и использования пульсоксиметрии, аппаратов доставки кислорода и наблюдения за пациентами, получающими оксигенотерапию. Кроме того, руководство выступает за практическое применение пульсоксиметрии, а также концентраторов кислорода и кислородных баллонов.

### Всемирная организация здравоохранения Европейское региональное бюро

UN City, Marmorvej 51, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark

Тел.: +45 45 33 70 00 Факс: +45 45 33 70 01

Эл. почта: [eurocontact@who.int](mailto:eurocontact@who.int)

Веб-сайт: [www.euro.who.int](http://www.euro.who.int)

ISBN 978 92 8905511 6



9 789289 055116 >