

УДК 617.71

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ САТУРАЦИИ
Кравцова В.С., Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет
 Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе представлены средства и методы измерения сатурации. Она показывает процентное содержание кислорода в крови. Одним из таких средств является пульсоксиметр. Данный прибор на сегодняшний день наиболее распространен. В статье рассмотрены разновидности устройств, описано как они работают, основные элементы пульсоксиметра и погрешности при измерении. Также приведены рекомендации по уменьшению погрешностей.

Ключевые слова: средства измерения, сатурация, гемоглобин, пульсоксиметр.

TECHNICAL MEANS FOR DETERMINING SATURATION
Kravtsova V., Habets V.

Belarusian National Technical University
 Minsk, Belarus

Abstract. The article presents the means and methods of measuring saturation. It shows the percentage of oxygen in the blood. One of these tools is a pulse oximeter. This device is by far the most common. The article discusses the types of devices, describes how they work, the main elements of the pulse oximeter and measurement errors. There are also recommendations for preventing errors.

Key words: measuring instruments, saturation, hemoglobin, pulse oximeter.

Адрес для переписки: Габец В.Л., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
 e-mail: vgabets@bntu.by

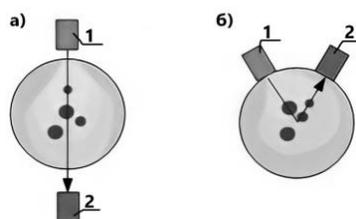
В настоящее время актуальной проблемой является выявление симптомов COVID-19 на ранней стадии его развития. Одним из таких способов является измерение сатурации.

Сатурация – это процент насыщения крови кислородом в момент измерения. В табл. 1 показаны степени кислородной недостаточности относительно показаний сатурации.

Таблица 1. Степени кислородной недостаточности

Степень	Сатурация, %
Норма	более или равно 95%
1 степень	90–94 %
2 степень	75–89 %
3 степень	менее 75 %
Гипоксимическая кома	менее 60 %

Наиболее распространенное средство измерения – пульсоксиметр. В клинической практике применяются трансмиссионные пульсоксиметры, которые работают на просвет ткани, и рефракционные, работающие на отражение света от ткани. Данные методы показаны на рис. 1.



a – трансмиссионный; *б* – рефракционный
 1 – излучатель; 2 – детектор

Рисунок 1 – Разновидности пульсоксиметров

Еще широкое распространение нашел портативный компьютерный пульсоксиметр, показанный на рис. 2. Он может регистрировать сатурацию и пульс за длительный промежуток времени, а также хранить и обрабатывать сохраненные данные [1].



Рисунок 2 – Компьютерный пульсоксиметр

В смарт-часах измерение сатурации производится по такому же принципу, как и в пульсоксиметрах, но они проводят измерение на запястье и такой способ измерения является менее точным [2].

При измерении сатурации смартфоном следует учитывать, что используемые приложения, показывают недостоверные значения. Базовые мобильные технологии не способны точно определить уровень кислорода в крови [3].

Принцип работы пульсоксиметра основан на способности гемоглобина, связанного (HbO₂) и не связанного (Hb) с кислородом, абсорбировать свет различной длины волны. Данное явление показано на рис. 3 [1]. Связанный гемоглобин больше абсорбирует инфракрасный свет, а не связанный – красный свет.

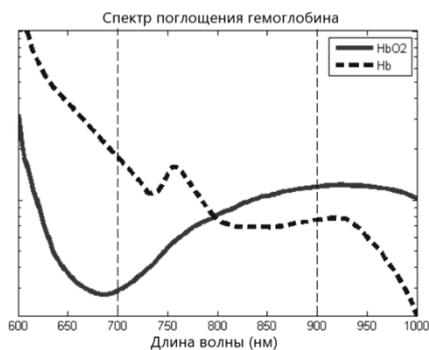


Рисунок 3 – Спектр поглощения связанного и не связанного гемоглобина

В пульсоксиметре установлены два светодиода, которые излучают красный и инфракрасный свет. На противоположной части датчика располагается фотодетектор, который определяет интенсивность подающего на него светового потока. На рис. 4 схематично показано расположение элементов пульсоксиметра.



Рисунок 4 – Устройство пульсоксиметра

Измеряя разницу между количеством света, абсорбируемого во время систолы и диастолы, пульсоксиметр определяет величину артериальной пульсации [4]. Сатурация рассчитывается как соотношение количества HbO_2 к общему количеству гемоглобина, выраженное в процентах:

$$\text{SpO}_2 = \left(\frac{\text{HbO}_2}{\text{HbO}_2 + \text{Hb}} \right) \times 100 \%$$

Разработан также метод измерения сатурации, который заключается в анализе светового потока, отраженного тканями [5]. Однако устройства, работающие по данному методу мало распространены.

Погрешности, которые могут возникнуть при измерении сатурации и частоты пульса можно разделить на две условные группы: погрешности, заложенные в самом принципе измерения, и погрешности в его технической реализации [5].

Рассмотрим основные факторы, которые могут оказать отрицательное влияние на определение сатурации.

Неправильное расположение датчика. При изменении положения датчика происходит резкое повышение сатурации. Этот эффект может быть связан с непостоянным кровотоком через пульсирующие кожные вены [1].

Наполнение пульса. Пульсоксиметр распознает только пульсирующий кровоток. При низком артериальном давлении из-за снижения сердечного выброса или аритмии пульс может быть очень слабым, и чувствительности прибора будет недостаточно [6].

Вазоконстрикция. Пульсоксиметр может не определить сигнал, если конечности холодные и присутствует сужение периферических сосудов [6].

Помимо вышеперечисленных факторов, отрицательное влияние также могут оказывать: яркий свет, движения, отравление угарным газом, красители, включая лак для ногтей. Однако следует отметить, что возраст, пол, желтуха и темный цвет кожи не влияют на работу пульсоксиметра [4].

Существует несколько рекомендаций для предотвращения возникновения погрешности:

1. Рука должна быть теплой и расслабленной;
2. Датчик пульсоксиметра должен находиться у основания ногтя;
3. Для более точных результатов следует стереть лак с ногтей или убрать накладные ногти;
4. Во время измерения не двигаться, неправильный угол падения света может повлиять на результат.

У парализованных больных пульсоксиметр-прищепка занижает сатурацию. Для них нужен пульсоксиметр с клеящимися электродами [7].

Литература

1. Лопухин, С. Л. Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне: уч. пособие / С.Л. Лопухин [и др.]. – Ижевск : ГБОУ ВПО «ИГМА», 2013. – 3 с.
2. Мурзина, Л. Измерение кислорода в крови умными часами: как это работает и можно ли доверять результатам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dgl.ru/articles/izmerenie-kisloroda-v-krovi-umnymi-chasami-kak-eto-rabotaet-i-mojno-li-doveryat-rezultatam_18425.html. – Дата доступа: 02.10.2020.
3. Гришанков, В. Измерение кислорода (SpO_2) в крови телефоном – что нужно знать? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://androidlime.ru/measurement-of-blood-oxygen-by-telephone>. – Дата доступа: 17.05.2020.
4. Диагностические возможности неинвазивного мониторинга насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом в клинике внутренних болезней: методические рекомендации / Д. В. Лапицкий [и др.]. – Минск : БГМУ, 2015. – 71 с.
5. Шурьгин, И. А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия / И. А. Шурьгин. – СПб : «Невский диалект», 2000. – 301 с.
6. Pulse oximetry: training material. – Geneva WHO, 2009. – P. 24.
7. Шабуцкая, Е. Как правильно измерять сатурацию пульсоксиметром [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/pulse-oximetry>. – Дата доступа: 15.09.2021.