

**ОЦЕНКА РАБОТЫ ПОРТАТИВНОГО ПУЛЬСОКСИМЕТРА  
В УСЛОВИЯХ ИШЕМИИ**

© О.Г. Давыдова<sup>1</sup>, Е.В. Пимахина<sup>1</sup>, С.Б. Аксентьев<sup>2</sup>, И.В. Васин<sup>2</sup>, Н.М. Толкач<sup>3</sup>

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова,  
Рязань, Российская Федерация (1)

Областная клиническая больница, Рязань, Российская Федерация (2)

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, Рязань,  
Российская Федерация (3)

**Цель.** Определение достоверности показателей сатурации при работе на портативном пульсоксиметре, анализ данных сатурации, полученных при облучении ногтевых пластин, покрытых современными косметическими материалами, определение показателей сатурации в условиях создания модели ишемии, влияние цвета кожи на показатели сатурации, выявление разницы при измерении показателей сатурации профессиональным и портативным пульсоксиметрами.

**Материалы и методы.** Изучены данные пульсоксиметрии 25 исследуемых со светлой кожей: в группе из 8 человек ногтевые пластины были без лакового покрытия, в группе из 7 человек ногтевые пластины были покрыты темным гель-лаком, в группе из 6 человек ногтевые пластины были покрыты светлым гель-лаком, в группе из 4 исследуемых – обычным лаком для ногтей, и в группе из 8 исследуемых с темным цветом кожи, покрытия ногтей лаком отсутствовало.

Для исследования использовали следующие пульсоксиметры: портативный пульсоксиметр Choice MMed MD300C15F и профессиональный стационарный пульсоксиметр DASH 3000. Проводили измерение артериального давления методом Короткова, пульсоксиметрию с закреплением датчиков пульсоксиметров на пальцах этой же кисти. Моделировали ишемию верхней конечности нагнетанием воздуха в манжету, удерживали давление на расчетном по авторской методике уровне в течение 60 секунд. Фиксировали показания пульсоксиметров, расположенных одновременно на одной руке в исходном состоянии, во время фазы ишемии, и в восстановительном периоде.

**Результаты.** У исследуемых со светлой кожей и без ногтевого покрытия, со светлым ногтевым покрытием, а так же у исследуемых с темным цветом кожи, при моделировании ишемии отмечали снижение уровня сатурации на 6, 11 и 8% соответственно. При применении темных ногтевых покрытий отмечали снижение уровня сатурации на 48% от исходного значения. Такое критическое снижение параметра связано с наличием темного тона лака на ногтевых пластинах.

В исследовании не выявлено зависимости изменения показателей уровня сатурации от качества ногтевого покрытия при использовании наиболее популярных в настоящее время покрытий: гель-лаков и лаков.

Портативный пульсоксиметр модели Choice MMed MD300C15F в 92 % случаев не отображал изменения показателей сатурации при создании модели ишемии.

**Выводы.** Портативный пульсоксиметр модели Choice MMed MD300C15F в исследовании не отображал изменение показателей сатурации при моделировании ишемии верхней конечности. В ходе исследования отмечали, что на показатели сатурации в большей степени оказывает влияние тон ногтевого покрытия.

Темный цвет кожи, а так же ногтевые покрытия светлых оттенков незначительно снижают показатели сатурации при проведении оценки сатурации методом пульсоксиметрии. Ногтевые покрытия темных тонов существенно снижают показатели уровня сатурации при моделировании ишемии верхней конечности и увеличивают количество случаев с критическим уровнем ишемии в проводимом исследовании.

**Ключевые слова:** *пульсоксиметрия; сатурация; пульсоксиметр; лак; гель-лак.*

## EVALUATION OF PORTABLE PULSEOXIMETRY DEVICE PERFORMANCE IN ISCHEMIA CONDITIONS

O.G. Davydova<sup>1</sup>, E.V. Pimakhina<sup>1</sup>, S.B. Aksentev<sup>2</sup>, I.V. Vasin<sup>2</sup>, N.M. Tolkach<sup>3</sup>

Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation (1)

Ryazan State Clinical Hospital, Ryazan, Russian Federation (2)

Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan, Russian Federation (3)

**Aim.** Accuracy of pulse oximetry results in the presence of synthetic nail cover under ischemia condition, and the influence of the skin colour on saturation and determine difference between indication of saturation by professional and portable pulseoxymetry device.

**Materials and Methods.** Pulse oximetry results of 25 white-skinned people have been analyzed: 8-without nail polish, 7-dark gel polish, 6-light gel polish and 4-polish. And 8 black-skinned people without nail polish. Research equipment are: portable pulseoxymetry device Choice MMed MD300C15F and professional device DASH 3000.

Korotkov's method was used during measuring blood pressure and during pulseometry tsensors were put on the fingers of the same hand. Emerge ischemia of upper extremity by pushing air into cuff and support pressure for within 60 sec. The results of pulseoxymetry device which sensors were on the fingers were fixed during ischemia and during rehabilitation period.

**Results.** During the ischemia modulation it was fixed, that saturation level of White-skinned people without nail polish, with light polish and black-skinned people reduced 6, 11 and 8%. Using dark nail polish the level of saturation reduced 48% from the natural one. Such enormous reduction is the result of using dark nail polish.

The level of saturation doesn't depend on quality of popular nail polish such as : gel and gel poish. Portable pulseoxymetry devices in 92% cases don't reflect any differences in saturation conditions of ischemia.

**Conclusions.** Portable pulseoxymetry devices don't reflect the differences in conditions of ischemia.

There are no great odds in the results of saturation of nails with different types of polish. Polish colour has influence on the results.

Reduction of saturation level of black-skinned people with light nail poish is non-critical.

Dark nail polish reduces the level of saturation in conditions of ischemia and increases proportion of critical ischemia results.

**Keywords:** *pulse oximetry; saturation; pulse oximete; rnail polish; gel polish.*

Количество женщин, активно применяющих различные ногтевые покрытия, остается стабильно высоким, что отража-

ется и на количестве пациентов с различными ногтевыми покрытиями, в том числе среди пациентов хирургических отделе-

ний, отделений реанимации и интенсивной терапии [1].

Приборы для измерения сатурации рассчитаны на работу на чистых ногтевых пластинах без лака [2], но процесс снятия полимерного покрытия занимает много времени. Особенно актуальна эта проблема для врачей анестезиологов-реаниматологов, когда пациент поступает в тяжелом состоянии и идет подготовка к экстренной операции [3].

Кроме того, в связи с увеличивающимися темпами миграции населения, возрастает количество пациентов с темным цветом кожи. Это не всегда позволяет врачу быть уверенным в точности показателей пульсоксиметрии [4,5].

*Цель* – определить достоверность результатов пульсоксиметрии при наличии лакового покрытия разных тонов на ногтевых пластинах в условиях ишемии, влияние цвета кожи на показатели сатурации, выявить разницу при измерении сатурации профессиональным и портативным пульсоксиметрами.

#### **Материалы и методы**

Проанализированы данные пульсоксиметрии у 25 исследуемых со светлой кожей: в группе из 8 человек ногтевые пластины были без лакового покрытия, в группе из 7 человек ногтевые пластины были покрыты темным гель-лаком, в группе из 6 человек ногтевые пластины были покрыты светлым гель-лаком, в группе из 4 человек ногтевые пластины были покрыты обычным лаком для ногтей.

В группе из 8 человек с темным цветом кожи ногтевые пластины были без лака. Все участники подписали информированное согласие на проводимое исследование.

Для исследования были использованы следующий модели пульсоксиметров: портативный пульсоксиметр Choice MMed MD300C15F и профессиональный прибор DASH 3000.

Работа пульсоксиметра основана на способности связанного с кислородом гемоглобина (HbO<sub>2</sub>) [6] и не связанного с кислородом гемоглобина (Hb) абсорбировать

свет различной длины волны [7]. Дезоксигемоглобин, который окрашен в темно-вишневый цвет, интенсивно поглощает красный свет и слабо задерживает инфракрасный свет. При облучении крови, не содержащей кислород, красным и инфракрасным светом, красный свет будет почти полностью задержан, а инфракрасный свет лишь несколько ослаблен. Оксигемоглобин, который окрашен в красный цвет, хорошо рассеивает красный свет, и интенсивно поглощает инфракрасное излучение [8].

В пульсоксиметре установлены 2 светодиода, излучающих красный и инфракрасный свет. На противоположной части датчика расположен фотодетектор, который позволяет определить интенсивность падающего на датчик светового потока [9]. Измеряя разницу между количеством света, абсорбируемого во время систолы сердца и диастолы сердца, пульсоксиметр определяет величину артериальной пульсации [7].

Во время исследования проводили измерение артериального давления методом Короткова (манжету накладывали на левую руку на одном уровне с сердцем), пульсоксиметрию проводили на левой руке, датчики пульсоксиметров закрепляли на среднем и указательном пальцах. Ишемию верхней конечности моделировали путем нагнетания воздуха в манжетку и удерживания давления на заданном уровне. Модель ишемии [10] создавали на основе расчетов по оригинальной методике [11], за ишемию принимали снижение кровотока в тканях до 20% процентов и ниже, за гипоперфузию принимали снижение кровотока до 21% и выше. Ишемию поддерживали в течение 60 секунд. Фиксировали показания пульсоксиметров, расположенных на одной руке в исходной фазе, во время ишемии, и в восстановительном периоде [12].

Полученные данные были обработаны с помощью персонального компьютера с использованием пакета программ Excel 2015 с вычислением среднеарифметической (M), среднего квадратичного отклонения

( $\delta$ ), стандартной ошибки ( $m$ ), относительных величин (частота, %), критерия Стьюдента ( $t$ ) с вычислением вероятности ошибки ( $p$ ). Различия средних величин считали достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ . При анализе соблюдались указания по статистической обработке данных клинических и лабораторных исследований.

### Результаты и их обсуждение

В ходе исследования мы объединили группу со светлой кожей и светлым покрытием гель-лаком и группу с покрытием

ем ногтевых пластин обычным лаком в связи со сходными показателями сатурации, а также группу со светлой кожей и темным покрытием гель – лаком ногтевых пластин и группу с покрытием ногтевых пластин обычным лаком.

В опыте с моделированием ишемии можно выделить 3 фазы: исходная фаза (табл. 1), фаза ишемии, фаза восстановления кровотока. Графическое изображение каждой фазы представлено на рисунке 1.

### Исходная фаза

Таблица 1

#### *Исходные показатели пульсоксиметрии в каждой группе*

Исследуемая группа	Средняя сатурация	
	Профессиональный пульсоксиметр DASH 3000	Портативный пульсоксиметр Choice MMed MD300C15F
Исследуемые со светлой кожей без ногтевого покрытия	98	98
Исследуемые со светлой кожей и с ногтевым покрытием темных тонов	97	94
Исследуемые со светлой кожей и с ногтевым покрытием светлых тонов	99	99
Исследуемые с темной кожей и без ногтевого покрытия	99	99

### Фаза ишемии

На мониторе профессионального пульсоксиметра модель DASH 3000 отмечали снижение амплитуды пульсовой волны в течение нескольких секунд после создания в манжете давления выше систолического; затем пульсовая волна исчезала, показатели сатурации начинали плавно снижаться, либо достигали уровня критической ишемии с включением сигнала тревоги прибора (рис. 1). Значение сатурации у

различных групп представлены в таблице 2.

Портативный пульсоксиметр модель Choice MMed MD300C15F только в 8% случаев всех измерений отобразил ишемию снижением сатурации (уровень сатурации по сравнению с показателями профессионального пульсоксиметра был выше в среднем на 23%), в остальных случаях данные датчиков не отображали информацию на мониторе устройства. Считаем эти данные недостоверными [9].

Таблица 2

#### *Данные профессионального пульсоксиметра модель DASH 3000 при создании ишемии верхней конечности*

Группа	Процент критической ишемии	Средняя величина максимального снижения сатурации в группах
Исследуемые со светлой кожей и без ногтевого покрытия	44	92
Исследуемые со светлой кожей и с ногтевым покрытием темных тонов	67	50
Исследуемые со светлой кожей и с ногтевым покрытием светлых тонов	25	88
Исследуемые с темной кожей и без ногтевого покрытия	25	91

### Фаза восстановления кровотока

После периода плато на фоне снижения давления в манжете отмечали, что амплитуда пульсовой волны была достоверно ниже и составила 1/2 от амплитуды исходной пульсовой волны, через 15 систол отмечали восстановление амплитуды пульсовой волны до уровня исходного значения (рис. 1). Эти данные совпадали в

каждой группе. Показания отображали оба пульсоксиметра. Из результатов, полученных в фазу ишемии стало понятно, что уровень критического снижения сатурации в группах не однородный. В ходе исследования рассчитали процент снижения сатурации в каждой группе по показаниям профессионального пульсоксиметра (табл. 3).

Таблица 3

#### Зависимость снижения уровня сатурации по сравнению с его исходным значением

Исследуемая группа	Значение исходной сатурации, %	Среднее значение максимального снижения сатурации в группе	Среднее значение максимального снижения сатурации в группе зависимости от исходного значения сатурации
Исследуемые со светлой кожей и без ногтевого покрытия	98	92	6%
Исследуемые со светлой кожей и с ногтевым покрытием темных тонов	97	50	48%
Исследуемые со светлой кожей и с ногтевым покрытием светлых тонов	99	88	11%
Исследуемые с темной кожей и без ногтевого покрытия	99	91	8%

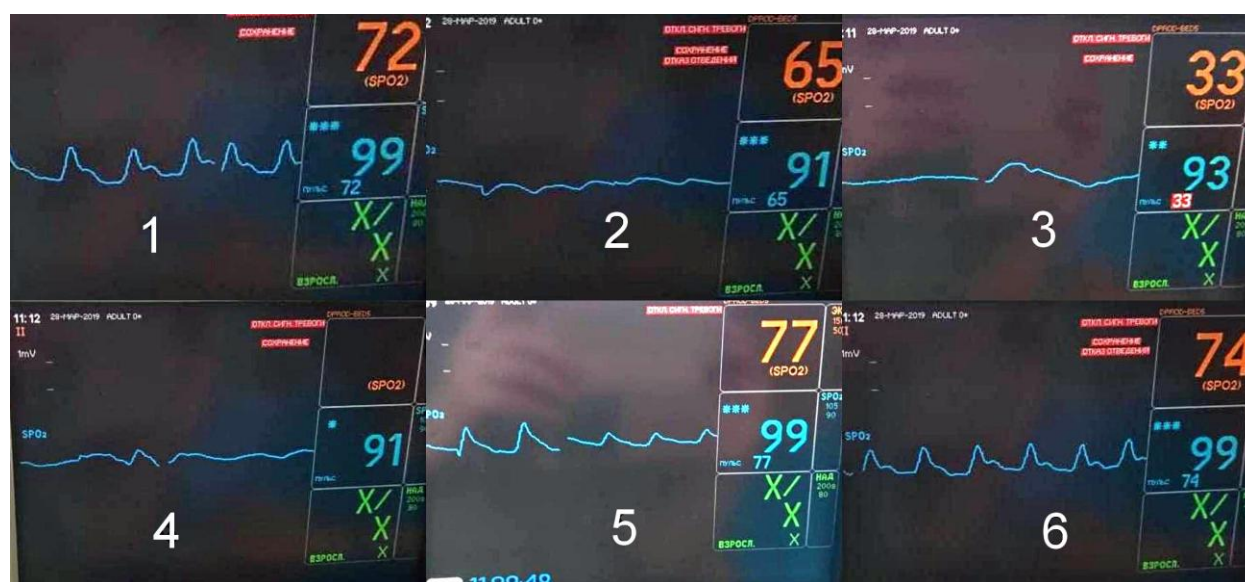


Рис. 1. Изменение показателей сатурации при моделировании ишемии:

- 1 – исходные значения, 2-4 – показатели сатурации в фазе развития ишемии,
- 5-6 – показатели сатурации в фазе восстановления кровотока: показатели сатурации сразу после снижения давления в манжете и показатели сатурации через 15 систол от момента восстановления кровотока

### Выводы

Портативный пульсоксиметр Choice MMed MD300C15F в 92 % случаев не отображали изменение сатурации при создании модели ишемии, что делает нецелесообразным их применение в условиях операционной, в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Данный класс приборов может быть рекомендован врачам амбулаторно-поликлинического звена для ориентировочной оценки уровня сатурации и для самостоятельного использования спортсменами во время физической нагрузки.

При проведении пульсоксиметрии на ногтевых пластинах с разными типами покрытий (лак, гель-лак) не выявлено значительной разницы в показаниях пульсоксиметра. На показатели сатурации значительное влияние оказывал цвет покрытия.

Темный цвет кожи и ногтевые покрытия светлых оттенков незначительно снижали показатели сатурации при определении сатурации методом пульсоксиметрии.

Ногтевые покрытия темных тонов достоверно снижали уровень сатурации при моделировании ишемии и увеличивали количество измерений с критической ишемией. Это обусловлено снижением поглощения волны красного спектра прибора слоем лака темных оттенков.

### Дополнительная информация

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, о которых необходимо сообщить в связи с публикацией данной статьи.

**Этика.** В исследовании использованы данные людей в соответствии с подписанным информированным согласием.

### Участие авторов:

Сбор и обработка данных, перевод, иллюстрация статьи – Давыдова О.Г.

Руководство проектом, организация исследовательской деятельности, проведение практических исследований на базе ГБУ РО Областной Клинический Перинатальный Центр – Пимахина Е.В.

Научная и практическая консультация при ведении исследования – Аксентьев С.Б., Васин И.В., Толкач Н.М.

### Литература

1. Визель А.А. Дыхательная и сердечная недостаточность: диагностические возможности клинической физиологии дыхания (клиническая лекция) // *Consilium Medicum*. 2011. Т. 13, №1. С. 85-88.
2. Руководство ВОЗ по пульсоксиметрии. 2009.
3. Chan M., Chan M., Chan E. What Is the Effect of Fingernail Polish on Pulse Oximetry? // *Chest*. 2003. Vol. 123. P. 2163-2164. doi:10.1378/chest.123.6.2163
4. Ситкин С.И., Поздняков О.Б., Голубенкова О.В., и др. Когда пульсоксиметру нельзя доверять. Случай аномального гемоглобина бонн в Тверской области // *Верхневолжский медицинский журнал*. 2017. Т. 16, №4. С. 50-54.
5. Артыков К.П., Абдуллоев З.Р., Маликов М.Х., и др. Посттравматические особенности нарушения кровообращения пальцев и кисти // *Вестник Авиценны*. 2013. №1(54). С. 15-22.
6. Хичл Е., Стоунхэм М.Д. Практическое применение пульсоксиметрии // *Дальневосточный медицинский журнал*. 2001. №S4. С. 81-83.
7. Бузунов Р.В., Иванова И.Л., Кононов Ю.Н., и др. Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне. Ижевск; 2013.
8. Шурьгин И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. СПб.: Невский Диалект; М.: БИНОМ; 2000.
9. Каков С.В., Мулер В.П. Пульсоксиметрия // *Вестник новых медицинских технологий*. 2006. Т. 13, №1. С. 171-172.
10. Глухова Ю.А., Мандриков В.Б., Краюшкин А.И., и др. Зависимость показателей центральной гемодинамики и уровня адаптационного потенциала от соматотипа // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2016. Т. 24, №3. С. 38-43.
11. Небылицин Ю.С., Кондратьева В.И. Опыт лечения пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2016. №3. С. 52-66.
12. Джамолова Р.Д., Ниязов Ф.И., Мирзоев Х.Ш. Хроническая обструктивная болезнь лёгких и сопутствующая патология сердечно-сосудистой системы // *Вестник Авиценны*. 2014. №1. С. 139-143.

### References

1. Vizel' AA. Dykhatel'naya i serdechnaya nedostatochnost': diagnosticheskiye vozmozhnosti klinicheskoy fiziologii dykhaniya (klinicheskaya lektsiya). *Consilium Medicum*. 2011;13(1):85-8. (In Russ).
2. *Rukovodstvo VOZ po pul'soksimetrii*. 2009. (In Russ).
3. Chan M, Chan M, Chan E. What Is the Effect of Fingernail Polish on Pulse Oximetry? *Chest*. 2003; 123:2163-4. doi:10.1378/chest.123.6.2163
4. Sitkin SI, Pozdnyakov OB, Golubenkova OV, et al. When the pulse oximeter can not be trusted.

- The case of anomalous hemoglobin Bonn in the Tver region. *Verkhnevolzhskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2017;16(4):50-4. (In Russ).
5. Artykov KP, Abdulloev ZR, Malikov MH, et al. Posttraumatic features of disturbances of fingers and hands circulation. *Avicenna Bulletin*. 2013; (1(54)): 15-22. (In Russ).
  6. Khichl E, Stounkhem MD. Prakticheskoye primeneniye pul'soksimetrii. *Dal'nevostochnyy Meditsinskiy Zhurnal*. 2001;(S4):81-3. (In Russ).
  7. Buzunov RV, Ivanova IL, Kononov YUN, et al. *Komp'yuternaya pul'soksimetriya v diagnostike narusheniy dykhaniya vo sne*. Izhevsk; 2013. (In Russ).
  8. Shurygin IA. *Monitoring dykhaniya: pul'soksimetriya, kapnografiya, oksimetriya*. Saint-Petersburg: Nevskiy Dialekt; Moscow: BINOM; 2000. (In Russ).
  9. Kakov SV, Muler VP. Pul'soksimetriya. *Journal of New Medical Technologies*. 2006;13(1):171-2. (In Russ).
  10. Glukhova JuA, Mandrikov VB, Krayushkin AI, et al. The dependence of central hemodynamic parameters and level of adaptive potential on the somatotype. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2016;24(3):38-43. (In Russ).
  11. Nebylitsyn YS, Kondratyeva VI. Experience of managing patients with primary varicosity. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2016;(3):52-66. (In Russ).
  12. Jamolova RD, Niyazov FI, Mirzoyev KhSh. Chronic obstructive pulmonary disease and comorbidity of cardiovascular system. *Avicenna Bulletin*. 2014;(1):139-43. (In Russ).

---

#### Информация об авторах [Authors Info]

**Давыдова Ольга Германовна** – ординатор, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 2524-5982, ORCID ID: 0000-0002-9427-6053.

**Olga G. Davydova** – Resident Physician, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 2524-5982, ORCID ID: 0000-0002-9427-6053.

**\*Пимахина Елена Владимировна** – к.м.н., доцент кафедры факультетской хирургии с курсом анестезиологии и реаниматологии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 6039-2619, ORCID ID: 0000-0001-7618-5273.

**Elena V. Pimakhina** – MD, PhD, Associate Professor of the Department of Faculty Surgery with the Course of Anesthesiology and Intensive Care, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation. e-mail: elenapim@yandex.ru

SPIN: 6039-2619, ORCID ID: 0000-0001-7618-5273.

**Аксентьев Сергей Брониславович** – к.м.н., зав. отделением неотложной кардиологии, Областная клиническая больница, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 8953-6225, ORCID ID: 0000-0002-0507-520X.

**Sergey B. Aksentev** – MD, PhD, Head of the Department the Emergency Cardiology, Ryazan State Clinical Hospital, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 8953-6225, ORCID ID: 0000-0002-0507-520X.

**Васин Игорь Владимирович** – к.м.н., зав. патологоанатомическим отделением, Областная клиническая больница, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 5110-3308, ORCID ID: 0000-0001-7918-6538.

**Igor V. Vasin** – MD, PhD, Head of the Pathoanatomical Department, Ryazan State Clinical Hospital, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 5110-3308, ORCID ID: 0000-0001-7918-6538.

**Толкач Никита Михайлович** – к.ф.-м.н., м.н.с. кафедры микро- и нанозлектроники, Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, Рязань, Российская Федерация.

SPIN: 8099-8237, ORCID ID: 0000-0001-9183-7348.

**Nikita M. Tolkach** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Junior Researcher of the Department of Micro- and Nanoelectronics, Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan, Russian Federation.

SPIN: 8099-8237, ORCID ID: 0000-0001-9183-7348.

---

**Цитировать:** Давыдова О.Г., Пимахина Е.В., Аксентьев С.Б., Васин И.В., Толкач Н.М. Оценка работы портативного пульсоксиметра в условиях ишемии // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2020. Т. 8, №1. С. 24-30. doi:10.23888/HMJ20208124-30

**To cite this article:** Davydova OG, Pimakhina EV, Aksentev SB, Vasin IV, Tolkach NM. Evaluation of portable pulseoxymetry device performance in ischemia conditions. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2020;8(1):24-30. doi:10.23888/HMJ20208124-30

Поступила / Received: 16.05.2019  
Принята в печать / Accepted: 02.03.2020