

Устранение диагностической неточности двухволновой пульсоксиметрии в оценке оксигенации крови у курильщиков

В. В. Гноевых, Ю. А. Шорохова, А. Ю. Смирнова, Н. Г. Чернова

Кафедра пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск

РЕЗЮМЕ

Транскутанная двухволновая пульсоксиметрия является наиболее востребованным и распространенным методом исследования оксигенации крови. Однако при ее проведении у курильщиков не учитывается уровень карбоксигемоглобина, что приводит к ошибочному завышению показателей насыщения гемоглобина кислородом. Разработанная нами программа для ЭВМ позволяет без применения дополнительного диагностического оборудования корректировать результаты мониторинга оксигенации крови на уровень карбоксигемоглобина, исправляя указанную диагностическую неточность оценки насыщения гемоглобина кислородом у курильщиков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транскутанная двухволновая пульсоксиметрия, табакокурение, карбоксигемоглобин, программа для ЭВМ, мониторинг оксигенации крови.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Elimination of diagnostic inaccuracy of two-wave pulse oximetry in assessment of blood oxygenation in smokers

V. V. Gnoevykh, Yu. A. Shorokhova, A. Yu. Smirnova, N. G. Chernova

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

SUMMARY

Transcutaneous two-wave pulse oximetry is the most popular and prevalent method for studying blood oxygenation. However, during its implementation, smokers do not take into account the level of carboxyhemoglobin, which leads to an erroneous overestimation of hemoglobin saturation with oxygen. The computer program developed by us makes it possible, without the use of additional diagnostic equipment, to correct the results of monitoring blood oxygenation for the level of carboxyhemoglobin, correcting the indicated diagnostic inaccuracy in assessing the saturation of hemoglobin by oxygen in smokers.

KEY WORDS: transcutaneous two-wave pulse oximetry, tobacco smoking, carboxyhemoglobin, computer program, blood oxygenation monitoring.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

К основным производным гемоглобина относятся: оксигемоглобин (HbO_2), восстановленный гемоглобин (Hb), карбоксигемоглобин (HbCO), метгемоглобин (MetHb), гликированный гемоглобин (HbA1c), карбгемоглобин (HbCO_2), нитрозогемоглобин (HbNO), сульфгемоглобин (HbS) и цианметгемоглобин (CNMetHb). Значительная часть указанных производных гемоглобина относится к патологическим гемоглобинам или его дери-ватам [1, 2].

Известно, что карбоксигемоглобин образуется при взаимодействии окиси углерода (CO) с атомом двухвалентного железа гемоглобина. CO активно вытесняет кислород из связи с гемоглобином.

Скорость образования HbCO прямо пропорциональна концентрации монооксида углерода в воздухе, поступающего в дыхательные пути. Сродство гемоглобина к окиси углерода при этом в сотни раз выше, чем к кислороду, хотя скорость присоединения окиси углерода к гемоглобину примерно в 10 раз ниже, чем скорость

присоединения O_2 к Hb [2, 3, 4, 5]. Период полураспада карбоксигемоглобина при нормальном дыхании составляет около 5,3 часа [2, 6]. Для сравнения: диссоциация оксигемоглобина происходит в 30 раз быстрее, чем диссоциация HbCO .

Различают эндогенную и экзогенную окись углерода. 79% эндогенной CO образуется при распаде гема эритроцитов в клетках ретикулоэндотелиальной системы. Около 21% окиси углерода образуется в результате катаболизма цитохромов, миоглобина, металлосодержащих ферментов, перекисного окисления липидов, а также под воздействием ксенобиотиков и некоторых бактерий [6–8].

В глобальной стратегии лечения и профилактики бронхиальной астмы [9] были представлены данные исследования I. Horvath, P.J. Barnes [10], согласно которым у «здоровых» некурящих лиц с атопией (!) уровень CO в выдыхаемом воздухе оказался достоверно выше, чем у здоровых некурящих лиц без атопии (means \pm sem:

$4,7 \pm 0,3$ ppm. vs $2,8 \pm 0,2$ ppm.; $p = 0,0005$). Исходя из этого был выдвинут тезис о том, что неинвазивным маркером воспаления дыхательных путей может служить не только повышение NO (FeNO), но и повышение CO (FeCO) в выдыхаемом воздухе. Эти данные были подтверждены в наших исследованиях – мы обнаружили достоверное повышение FeCO не только у курильщиков, но и у некурящих больных аллергической бронхиальной астмой [11].

Окись углерода приводит к гипоксической гипоксии из-за уменьшения парциального давления O_2 во вдыхаемом воздухе, гемической гипоксии вследствие образования карбоксигемоглобина, циркуляторной гипоксии из-за гемодинамических нарушений и тканевой гипоксии вследствие инактивации ферментов тканевого дыхания [2]. Кроме того, в присутствии карбоксигемоглобина кривая диссоциации оксигемоглобина смещается влево, снижая доставку кислорода тканям.

Следует отметить, что CO имеет в 40 раз более высокое родство к миоглобину, чем кислород, а к сердечному миоглобину сродство в три раза выше, чем к скелетному. Поэтому возможны «отсроченные» симптомы негативного воздействия CO, связанные с постепенным высвобождением окиси углерода из карбоксимиоглобина (MbCO) с образованием HbCO. К хронической субклинической форме «отравления» угарным газом можно отнести табакокурение, при котором также повышается уровень карбоксигемоглобина [2].

К наиболее распространенным клиническим методам количественного определения оксигемоглобина и карбоксигемоглобина относятся следующие.

Оптические методы абсорбционной спектрофотометрии с отдельным определением оксигемоглобина, карбоксигемоглобина, метгемоглобина, общего гемоглобина. Достоинства метода – высокая точность, простота и быстрота исследования. Недостатки кооксиметрии (CO-oximetry) – инвазивность (требуется забор крови), невозможность мониторировать уровни фракций гемоглобина, включая его дериваты.

Методы многоволновой пульсоксиметрии (multiwave length pulse oximetry), так называемой пульсовой кооксиметрии. Пульсовая кооксиметрия позволяет отдельно определять оксигемоглобин, карбоксигемоглобин и метгемоглобин [12]. Значительное количество исследований продемонстрировали достаточно высокую (для требований клиники) точность измерения HbCO и MetHb по сравнению с инвазивной кооксиметрией [13–17], в то время как ряд других исследований показали, что пульсовая кооксиметрия уступает по точности инвазивным методам определения фракций, в том числе дериватов гемоглобина [18, 19]. Недостаток: стоимость мультимолновых пульсоксиметров значительно выше, чем двухволновых.

Самый распространенный в клинике метод неинвазивной оценки оксигенации крови – транскутанная двухволновая пульсоксиметрия. Метод простой и неинвазивный. Принцип работы двухволновой пульсоксиметра основан на преимущественном поглощении

деоксигенированным гемоглобином красного, а оксигемоглобином (HbO₂) – инфракрасного спектров света. Однако в присутствии повышенного уровня HbCO двухволновая пульсоксиметрия всегда завышает уровень насыщения гемоглобина кислородом – SpO₂ [14, 20–24], так как HbCO поглощает свет почти идентично оксигемоглобину. Установлено, что изменение (например, повышение. – Прим. авторов) концентрации HbCO на 1 % изменяет (искажает в сторону ошибочного завышения уровня оксигенации. – Прим. авторов) показания пульсоксиметрии примерно на 1 % [12, 13]. Главные недостатки двухволновой пульсоксиметрии – невозможность определения HbCO, в присутствии которого уровень SpO₂ искажен.

Феномен расхождения показателей HbO₂ при проведении пульсоксиметрии и при проведении одного из инвазивных методов определения уровня оксигенации крови получил в литературе название *the pulse oximetry gap* – «разрыв» или ошибка пульсоксиметрии [25].

Метод транскутанной двухволновой пульсоксиметрии получил развитие в виде так называемой компьютерной пульсоксиметрии, позволяющей проводить спектральный анализ насыщения гемоглобина кислородом (SpO₂) при мониторинге уровней оксигенации крови в покое, во время сна и при проведении 6-минутного нагрузочного теста [26]. Однако, как и в случае с обычной двухволновой пульсоксиметрии, без учета величины HbCO уровни исходного, минимального, среднего и максимального насыщения гемоглобина кислородом, а также спектральные (SpO₂ в диапазонах 95–100 %, 90–94 %, 85–89 %, 80–84 %, 75–79 %, 70–74 % и др.) характеристики SpO₂ искажаются.

Для исправления указанной диагностической неточности необходимо измерить уровень HbCO. Для этого можно применить как инвазивный (абсорбционная спектрофотометрия), так и неинвазивный (определение фракции окиси углерода и HbCO в выдыхаемом воздухе – CO-метрия выдыхаемого воздуха) методы.

Действие электрохимического датчика при неинвазивном методе измерения HbCO основано на реакции угарного газа с электролитом одного электрода и кислорода выдыхаемого воздуха – с другим. Эта реакция вызывает электрический потенциал, пропорциональный уровню концентрации CO. Полученные данные обрабатываются микропроцессором, и затем пиковая концентрация угарного газа и уровень HbCO выводятся на дисплей.

M. J. Jarvis *et al.* сопоставили результаты измерения карбоксигемоглобина методом CO-метрии выдыхаемого воздуха с результатами измерения HbCO в крови методом газовой хроматографии. Чувствительность данного метода достигает 0,005, поэтому газовая хроматография по праву считается эталонной для определения HbCO, хотя в клинике применяется редко из-за сложности проведения, длительности исследования и дороговизны применяемого оборудования. Коэффициент корреляции при оценке точности измерения HbCO указанными методами составил 0,98 для «здоровых» курильщиков

Таблица 1
Взаимосвязь HbCO (%) и интенсивности курения

HbCO, %	Курильщики (smokers)
Более 3,20	Активно курящие (heavy smokers)
3,20–1,76	Курящие (smokers)
1,60–1,12	Курящие неактивно (light smokers)
0,96–0,16	Некурящие (non-smokers)

и 0,92 – для курящих больных с эмфиземой [27]. Таким образом, появилась возможность неинвазивного учета уровня карбоксигемоглобина с приемлемой точностью при анализе оксигенации крови с помощью двухволновой пульсоксиметрии.

Следует обратить внимание на то, что погрешность измерения SpO₂ составляет 1–2 %, однако при мониторинге оксигенации крови современные пульсоксиметры регистрируют уровень оксигемоглобина каждую секунду или каждые 2 секунды, что почти нивелирует возможную ошибку измерения SpO₂. Например, при 15-минутном мониторинге оксигенации крови с дискретностью регистрации SpO₂ в 1–2 секунды пульсоксиметр совершает 450–900 измерений и небольшие искажения отдельных значений SpO₂ практически не влияют на минимальный, максимальный и средний уровни оксигенации крови, а также на ее основные спектральные характеристики.

Для устранения завышающего влияния карбоксигемоглобина на уровень оксигенации крови при проведении транскутанной двухволновой пульсоксиметрии у курильщиков мы разработали программу для ЭВМ [28]. Пользовательский интерфейс реализован на языке Java Script с использованием HTML и CSS, что позволяет запускать программу в любой операционной системе с предустановленным браузером (Firefox, Google Chrome). Тип реализующей ЭВМ – Intel, ARM, MIPS. Вид и версия операционной системы – Windows, Linux, Free BSD, язык программирования – Java Script, объем программы – 36 Кб. Программа предоставляется заинтересованным пользователям в виде исходных кодов на условиях лицензии GNU General Public License.

Единственным дополнительным требованием к применению программы является возможность извлечения из пульсоксиметра массива полученных данных во время мониторинга оксигенации крови, что реализовано не во всех моделях пульсоксиметров и не у всех производителей. Пульсоксиметр Spirodos SpO₂ (MIR,

Италия), использованный нами в проведенном исследовании (предназначен для длительного мониторинга и спектрального анализа оксигенации крови), позволял извлекать массив полученных данных для последующей обработки программой ЭВМ.

Уровень карбоксигемоглобина мы измеряли неинвазивно, дважды (до и после мониторинга оксигенации крови для последующего усреднения) с помощью аппарата Micro CO monitor (Micro Medical, Великобритания) по фракции CO в выдыхаемом воздухе (FeCO, ppm). По уровню HbCO оценивали выраженность негативного влияния табакокурения на «здорового» индивидуума или пациента (табл. 1).

Затем из кривой оксигенации крови, зафиксированной при 15-минутной записи пульсоксиметром Spirodos SpO₂ (MIR, Италия), извлекали массив данных с помощью стандартных команд компьютерной программы указанного прибора и загружали его в разработанную нами программу для ЭВМ, которая автоматически его обрабатывала без коррекции или с коррекцией (в зависимости от игнорирования или учета уровня HbCO) значений SpO₂ на вводимый в соответствующую ячейку программы уровень карбоксигемоглобина.

Ниже представлены результаты транскутанной 5-минутной двухволновой пульсоксиметрии, полученные у длительно и интенсивно курящего «здорового» волонтера без учета HbCO и с коррекцией по карбоксигемоглобину (табл. 2). Стаж активного табакокурения у волонтера составил 5 лет, показатель пачко-лет – 3,75; уровень HbCO составил 2,72 % (курильщик – smoker).

После проведенной коррекции результатов спектральной пульсоксиметрии на карбоксигемоглобин с помощью программы ЭВМ умеренно снизились: минимальный уровень SpO₂ – с 97,0 до 94,3 %, максимальный уровень – с 98,0 до 95,3 % и средний уровень SpO₂ – с 97,9 до 95,2 % в сочетании с соответствующими изменениями основных спектральных характеристик оксигенации крови.

В частности, в результате проведенной коррекции на карбоксигемоглобин процент измеренных нормальных значений SpO₂ (≥ 95 %) снизился со 100,0 до 93,4 %, а процент измеренных сниженных значений SpO₂ (< 95 %) повысился с 0,0 до 6,6 %. Изменение спектральных характеристик оксигенации крови объясняется смещениями всех измеренных значений SpO₂ (на величину карбоксигемоглобина, равную 2,72 %) ниже исходных (до коррекции на HbCO) значений оксигенации крови.

Таблица 2
Основные результаты пульсоксиметрии у курящего волонтера без коррекции и с коррекцией по HbCO

Коррекция по HbCO	HbCO, %	SpO ₂ max, %	SpO ₂ min, %	SpO ₂ mean, %	SpO ₂ (95–100), %	SpO ₂ (90–94), %
Без коррекции	0,00	98,0	97,0	97,9	100,0	0,0
С коррекцией	2,72	95,3	94,3	95,2	93,4	6,6

Примечание: HbCO (%) – уровень карбоксигемоглобина; SpO₂max, SpO₂min, SpO₂mean (%) – максимальное, минимальное и среднее значения оксигенации крови при 15-минутной пульсоксиметрии; SpO₂ (95–100) (%), SpO₂ (90–94) (%) – доля измеренных значений насыщения гемоглобина кислородом, приходящаяся на указанные диапазоны при 15-минутной пульсоксиметрии.

Выводы

Предложенный программный метод исправления «карбоксигемоглобиновой» ошибки при оценке оксигенации крови у курильщиков имеет, по-видимому, большое клиническое значение во многих областях медицины, особенно в реанимации, пульмонологии и др.

Разработанная программа для ЭВМ дает практическую возможность более точно диагностировать выраженность дыхательной недостаточности.

Список литературы / References

1. Кушаковский М. С. Клинические формы повреждения гемоглобина (этиология, патогенез, спектрофотометрические и биохимические методы исследования, диагностика, лечение). Л.: Медицина. 1968: 18–21.
Kushakovskiy M. S. Clinical forms of hemoglobin damage (etiology, pathogenesis, spectrophotometric and biochemical research methods, diagnosis, treatment). L.: Medicine. 1968: 18–21.
2. Фаткуллин К. В., Гильманов А. Ж., Костюков Д. В. Клиническое значение и современные методологические аспекты определения уровня карбокси- и метгемоглобина в крови. Информационный сайт в области медицины «Медицинская практика», 2014. [Электронный ресурс] URL: <https://mfvt.ru/klinicheskoe-znachenie-i-sovremennye-metodologicheskie-aspekty-opredeleniya-urovnya-karboksi-i-metgemoglobina-v-krovi/> (Дата обращения: 24.01.2022).
Fatkulin K. V., Gilmanov A. Zh., Kostyukov D. V. Clinical significance and modern methodological aspects of determining the level of carboxy- and methemoglobin in the blood. Information site in the field of medicine 'Medical practice', 2014. [Electronic resource] URL: <https://mfvt.ru/klinicheskoe-znachenie-i-sovremennye-metodologicheskie-aspekty-opredeleniya-urovnya-karboksi-i-metgemoglobina-v-krovi/> (Date of access: 01/24/2022).
3. Крамаренко В. Ф. Токсикологическая химия (учебник). Киев: Выща школа, Головное изд-во. 1989: 415–419.
Kramarenko V. F. Toxicological chemistry (textbook). Kyiv: High School, Head Publishing House. 1989: 415–419.
4. Мосур Е. Ю. Спектрофотометрический метод определения содержания основных производных гемоглобина: автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. Омск. 2007.
Mosur E. Yu. Spectrophotometric method for determining the content of the main derivatives of hemoglobin: author. dis. Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Omsk. 2007.
5. Румянцев Е. В., Антина Е. В., Чистяков Ю. В. Химические основы жизни. М.: Химия. Колос С. 2007: 176–179.
Rumyantsev E. V., Antina E. V., Chistyakov Yu. V. Chemical bases of life. M.: Chemistry. Kolos S. 2007: 176–179.
6. Omaye S. T. Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity. Toxicology. 2002; (180): 139–150.
7. Коржов В. И., Видмаченко А. В., Коржов М. В. Монооксид углерода (обзор литературы). Журн. АМН України. 2010; 16 (1): 23–37.
Korzhev V. I., Vidmachenko A. V., Korzhov M. V. Carbon monoxide (literature review). Journal. AMS of Ukraine. 2010; 16 (1): 23–37.
8. Шулагин Ю. А. Мониторинг эндогенной монооксида углерода у человека и животных методами лазерного спектрального анализа: автореф. дис. канд. биол. наук. М., 2005.
Shulagin Yu. A. Monitoring of endogenous carbon monoxide in humans and animals by laser spectral analysis methods: Ph.D. dis. cand. biol. Sciences. M., 2005.
9. Global Initiative for Asthma, GINA, 2007. [Электронный ресурс] URL: <https://www.bronho.ru/GINAReporrt2006Russian.pdf> (Дата обращения: 24.01.2022).

10. Horvath I., Barnes P. J. Exhaled monoxides in asymptomatic atopic subjects. Clin. Exp. Allergy. 1999; 29 (9): 1276–1280.
11. Смирнова А. Ю., Гноевых В. В., Шаляшова Е. А. и др. Клиническое значение дисфункций пульмокардиальной системы у курильщиков с персистирующей бронхиальной астмой. Российский медицинский журнал. 2011; (4): 68–73.
Smirnova A. Yu., Gnoevykh V. V., Shalashova E. A. Clinical significance of dysfunctions of the pulmocardial system in smokers with persistent bronchial asthma. Russian Medical Journal. 2011; (4): 68–73.
12. Meir Nitzan, Ayal Romem, Robert Koppel. Pulse oximetry: fundamentals and technology update. Med Devices. 2014; (7): 231–239.
13. Fouzas S., Priftis K. N., Anthracopoulos M. B. Pulse oximetry in pediatric practice. Pediatrics. 2011 Oct; 128 (4): 740–52.
14. Barker S. J., Tremper K. K. The effect of carbon monoxide inhalation on pulse oximeter signal detection. Anesthesiology. 1987; (67): 599–603.
15. Annabi E. H., Barker S. J. Severe methemoglobinemia detected by pulse oximetry. Anesth Analg. 2009; 108 (3): 898–899.
16. Barker S. J., Curry J., Redford D., Morgan S. Measurement of carboxyhemoglobin and methemoglobin by pulse oximetry: a human volunteer study. Anesthesiology. 2006; 105 (5): 892–897.
17. Feiner J. R., Rollins M. D., Sall J. W., Eilers H., Au P., Bickler P. E. Accuracy of carboxyhemoglobin detection by pulse CO-oximetry during hypoxemia. Anesth Analg. 2013; 17 (4): 847–858.
18. Touger M., Birbaum A., Wang J., Chou K. et al. Performance of the RAD-57 pulse CO-oximeter compared with standard laboratory carboxyhemoglobin measurement. Ann. Emerg. Med. 2010; 56 (4): 382–388.
19. Sebbane M., Claret P. G., Mercier G. et al. Emergency department management of suspected carbon monoxide poisoning: role of pulse CO-oximetry. Respir. Care. 2013; 58 (10): 1614–1620.
20. Руководство ВОЗ по пульсоксиметрии, 2009. [Электронный ресурс] URL: <https://mayak.help/wp-content/uploads/2016/05/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Russian.pdf> (Дата обращения: 24.01.2022).
WHO Guidelines for Pulse Oximetry, 2009. [Electronic resource] URL: <https://mayak.help/wp-content/uploads/2016/05/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Russian.pdf> (Accessed: 01/24/2022).
21. Wilson Iain. Pulse oximetry – Part 1/I. Wilson. Anaesthesia Tutorial Of The Week 123, 2nd March. 2009: P. 1–7.
22. Amal Jubran. Pulse Oximetry. Crit Care. 1999; (3): 11–17.
23. Buckley R. G., Aks S. E., Eshom J. L. et al. The pulse oximeter gap in carbon monoxide intoxication. Ann Emerg Med. 1994; (24): 252–255.
24. Gorge A. Guzman. Carbon Monoxide Poisoning. Critical Care Clinics. 2012; 28 (4): 537–548.
25. Bozeman W. P., Myers R. A. M., Barish R. A. Confirmation of the pulse oximetry gap in carbon monoxide poisoning. Ann Emerg Med. 1997; (30): 608–611.
26. Бузунов Р. В., Иванова И. Л., Кононов Ю. Л. и др. Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне: Ижевск, 2013. 40 стр.
Buzunov R. V., Ivanova I. L., Kononov Yu. L. and others. Computer pulse oximetry in the diagnosis of respiratory disorders during sleep: Izhevsk, 2013. 40 p.
27. Jarvis M. J., Russel M. A., Saloojee Y. Expired air carbon monoxide: a simple breath test of tobacco smoke intake. BMJ. 1980; 281 (16): 484–495.
28. Гноевых В. В., Шляпин В. А., Шорохова Ю. А., Смирнова А. Ю., Чернова Н. Г. Программа ЭВМ для коррекции по уровню карбоксигемоглобина результатов мониторинга оксигенации крови при проведении транскутанной двухволновой пульсоксиметрии // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020618117; дата государственной регистрации 17.07.2020.
Gnoevykh V. V., Shlyapin V. A., Shorokhova Yu. A., Smirnova A. Yu., Chernova N. G. Computer program for correcting the results of blood oxygenation monitoring by the level of carboxyhemoglobin during transcutaneous two-wave pulse oximetry // Certificate of state registration of the computer program No. 2020618117; date of state registration 17.07.2020.

Статья поступила / Received 17.02.22

Получена после рецензирования / Revised 28.02.22

Принята в печать / Accepted 18.03.22

Сведения об авторах

Гноевых Валерий Викторович, д.м.н., зав/ кафедрой пропедевтики внутренних болезней. E-mail: valvik@inbox.ru. ORCID: 0000-0002-8009-0557
Шорохова Юлия Анатольевна, ст. преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней. E-mail: yuliaport@mail.ru. ORCID: 0000-0003-3991-0813
Смирнова Анна Юрьевна, к.м.н., доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней. E-mail: arimed4@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8175-5867
Чернова Надежда Георгиевна, старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней. E-mail: chemovanadezhda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1781-6968

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск

Автор для переписки: Гноевых Валерий Викторович. E-mail: valvik@inbox.ru

Для цитирования: Гноевых В. В., Шорохова Ю. А., Смирнова А. Ю., Чернова Н. Г. Устранение диагностической неточности двухволновой пульсоксиметрии в оценке оксигенации крови у курильщиков. Медицинский алфавит. 2022; (9): 46–49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-46-49>.

About authors

Gnoevykh Valery V., DM Sci (habil.), head of Dept of Propaedeutics of Internal Diseases. E-mail: valvik@inbox.ru. ORCID: 0000-0002-8009-0557
Shorokhova Yuliya A., senior lecturer at Dept of Propaedeutics of Internal Diseases. E-mail: yuliaport@mail.ru. ORCID: 0000-0003-3991-0813
Smirnova Anna Yu., PhD Med, associate professor at Dept of Propaedeutics of Internal Diseases. E-mail: arimed4@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8175-5867
Chernova Nadezhda G., Senior lecturer at Dept of Propaedeutics of Internal Diseases. E-mail: chemovanadezhda@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-1781-6968

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

Corresponding author: Gnoevykh Valery V. E-mail: valvik@inbox.ru

For citation: Gnoevykh V. V., Shorokhova Yu. A., Smirnova A. Yu., Chernova N. G. Elimination of diagnostic inaccuracy of two-wave pulse oximetry in assessment of blood oxygenation in smokers. Medical alphabet. 2022; (9):46–49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-46-49>.