

**Ультразвуковая оценка  
коллабируемости нижней полой  
вены через новое акустическое окно  
у добровольцев в прон-позиции:  
проспективное наблюдательное  
исследование**

A.A. Kasatkin \*, V.A. Matreshkin 

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, Ижевск, Россия

**Реферат**

**АКТУАЛЬНОСТЬ:** Ультразвуковая оценка коллабирования нижней полой вены (НПВ) используется в клинической практике для оценки волемического статуса пациентов. Нахождение исследуемого в прон-позиции ограничивает возможность оценки коллабирования НПВ традиционным методом, что требует использования альтернативных методов. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** Проведение сравнительной оценки индекса коллабирования НПВ у здоровых добровольцев в положении лежа на спине и в прон-позиции с использованием нового акустического окна. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** Ультразвуковое наблюдение проведено у 25 взрослых здоровых добровольцев обоего пола. Измерение НПВ проводили последовательно в положении добровольцев лежа на спине и лежа на животе. Рассчитывали среднее значение и стандартное отклонение максимального и минимального размера НПВ. Полученные при расчетах значения индекса коллабирования вены представлены медианой (Me) и интерквартильным размахом (Q1–Q3). Непараметрический критерий Уилкоксона выбран для сравнительного анализа (уровень значимости  $p = 0,05$ ). **РЕЗУЛЬТАТЫ:** В ходе проведенных измерений диаметра нижней полой вены были получены следующие результаты: среднее значение максимального и минимального размера вены у добровольцев в положении на спине составило  $1,58 \pm 0,37$  см и  $1,30 \pm 0,36$  см соответственно; в положении лежа на животе  $1,51 \pm 0,37$  см и  $1,24 \pm 0,36$  см соответственно. Значения Me (Q1–Q3) индекса коллабирования НПВ (%) у добровольцев в положении лежа на спине и в прон-позиции составили 16,84 (8,86–24,39) и 15,63 (10,23–24,77) соответственно. При анализе полученных данных не было выявлено статистических различий между величинами индекса коллабирования НПВ ( $p = 0,861$ ). **ВЫВОДЫ:** Отсутствие статистически значимой разницы

**The ultrasound assessment  
of the inferior vena cava collapsibility  
in the prone volunteers through a new  
acoustic window: a prospective  
observational study**

A.A. Kasatkin \*, V.A. Matreshkin 

Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

**Abstract**

**INTRODUCTION:** Ultrasound assessment of inferior vena cava (IVC) collapsibility is used in clinical practice to assess patients' volume status. Finding the subject in the prone position limits the ability to assess IVC collapse by the traditional method, which requires the use of alternative methods. **OBJECTIVE:** Conducting a comparative assessment of the IVC collapse index in healthy volunteers in the back position and in the pro position using a new acoustic window. **MATERIALS AND METHODS:** Ultrasound observation was performed in 25 adult healthy volunteers of both sexes. Ultrasound measurement of IVC was carried out sequentially in the position of volunteers on the back and abdomen. The mean (M) and standard deviation (SD) of the maximum and minimum IVC size. The values of the collapsing index (CI) obtained during the study are presented as a median (Me) and quartiles (Q1–Q3). Wilcoxon's nonparametric test was selected for comparative analysis (significance level accepted 0.05). **RESULTS:** Measurements of the diameter of the inferior vena cava obtained the following **RESULTS:** The average maximum and minimum vein size in volunteers in the supine position were  $1.58 \pm 0.37$  cm and  $1.30 \pm 0.36$  cm, respectively; in prone —  $1.51 \pm 0.37$  cm and  $1.24 \pm 0.36$  cm, respectively. Me (Q1–Q3) IVC-CI values (%) in volunteers in the supine and in the prone position of the voice were 16.84 (8.86–24.39) and 15.63 (10.23–24.77), respectively. Statistical analysis of the obtained results did not reveal a significant difference between CI values ( $p = 0.861$ ). **CONCLUSIONS:** The absence of a statistically significant difference in IVC-CI values in the supine and abdominal volunteers demonstrates the possibility of using a new acoustic window to assess volume status in the clinical setting in patients in the prone position.

значений индекса коллабирования НПВ у добровольцев в положении лежа на спине и лежа на животе демонстрирует возможность использования нового акустического окна для оценки волемиического статуса в клинических условиях у пациентов в прон-позиции.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** прон-позиция, диагностическая визуализация, критические состояния, мониторинг

\* *Для корреспонденции:* Касаткин Антон Александрович — канд. мед. наук, заведующий отделением анестезиологии-реанимации БУЗ УР «ГКБ №9 МЗ УР», ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России, Ижевск, Россия; e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru

✉ *Для цитирования:* Касаткин А.А., Матрешкин В.А. Ультразвуковая оценка коллабируемости нижней полой вены через новое акустическое окно у добровольцев в прон-позиции: проспективное наблюдательное исследование. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2023;4:169–175. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-169-175>

📅 *Поступила:* 24.02.2023

📅 *Принята к печати:* 04.09.2023

📅 *Дата онлайн-публикации:* 31.10.2023

**KEYWORDS:** prone position, diagnostic imaging, critical care, monitoring

\* *For correspondence:* Anton A. Kasatkin — PhD, head of Anesthesiology and Intensive Care Department Izhevsk Clinical Hospital No9, Izhevsk, assistant of Anesthesiology and Intensive Care Department Izhevsk State Medical Academy; Izhevsk, Russia; e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru

✉ *For citation:* Kasatkin A.A., Matreshkin V.A. The ultrasound assessment of the inferior vena cava collapsibility in the prone volunteers through a new acoustic window: a prospective observational study. Annals of Critical Care. 2023;4:169–175. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-169-175>

📅 *Received:* 24.02.2023

📅 *Accepted:* 04.10.2023

📅 *Published online:* 31.10.2023

DOI: 10.21320/1818-474X-2023-4-169-175

## Введение

В современных условиях доступность ультразвуковой техники обеспечила возможность ее широко-го применения у постели больного не только с целью неинвазивной диагностики, но и проведения динамического мониторинга за состоянием его здоровья [1], и даже в качестве метода проверки других неинвазивных методик оценки гемодинамики [2]. В условиях оказания анестезиолого-реанимационной помощи пациентам оценка волемиического статуса имеет важное практическое значение. В настоящее время ультразвуковой мониторинг активно применяется для оценки волемиического статуса наряду с такими методами, как мониторинг артериального давления, пульса, темпа диуреза [3]. В этом случае оценка волемиического статуса пациента основывается на расчете индекса коллабирования нижней полой вены (НПВ). Показатель индекса коллабирования НПВ более 50 % свидетельствует о гиповолемии. Традиционный метод оценки коллабирования НПВ предполагает размещение пациента

в положении лежа на спине для размещения низкочастотного ультразвукового датчика в подмечевидной области [4]. Однако в условиях отделений интенсивной терапии и реанимации по медицинским показаниям пациенты могут находиться в положении лежа на животе для улучшения оксигенации. Причем длительность нахождения в прон-позиции может превышать 12 ч в сутки [5, 6]. Такое положение пациента ограничивает возможность оценки коллабирования НПВ традиционным методом и требует использования альтернативных доступов для визуализации НПВ у пациентов в прон-позиции: первый доступ находится по правой подмышечной линии на уровне верхней трети живота, второй — по правой паравертебральной линии на уровне 11-го межреберья. Преимуществом последнего доступа является возможность оценки коллабирования НПВ в переднезаднем направлении, как и при традиционном способе [7]. Однако сравнительный анализ результатов измерений индекса коллабирования, полученных с помощью традиционного и нового методов, не проводился.

## Цель исследования

Цель исследования — проведение сравнительной оценки индекса коллабирования НПВ в положении лежа на спине и лежа на животе у здоровых добровольцев.

## Материалы и методы

В исследование включены 25 взрослых здоровых добровольцев. Письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании было получено от всех добровольцев. Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ, Ижевск, протокол № 22 от 15.11.2022.

Ультразвуковое исследование проводилось с помощью портативного сканера (Mindray TE7, Китай) секторным фазированным датчиком P4-2s (1,3–4,7 МГц).

Каждому испытуемому производилось два ультразвуковых измерения НПВ. Первое измерение: положение, занимаемое добровольцем, — лежа на спине, на горизонтальной твердой поверхности, с расположением рук вдоль тела. Низкочастотный ультразвуковой датчик устанавливали в подмышечную область для визуализации в В-режиме НПВ в продольном срезе в месте его вхождения в правое предсердие. Для последующего измерения диаметра вены выбирали участок, расположенный на 2 см каудальнее места ее соединения с печеночной веной, после чего проводили регистрацию в М-режиме изменений переднезаднего размера НПВ во время 3 дыхательных циклов, определяли максимальный и минимальный размеры вены и рассчитывали индекс коллабирования НПВ [4] (рис. 1).

Второе измерение проводили через 5 мин после перемещения участника исследования в горизонтальное положение лежа на животе с расположением рук вдоль тела. Низкочастотный ультразвуковой датчик устанавливали 11-м межреберье латеральнее правой

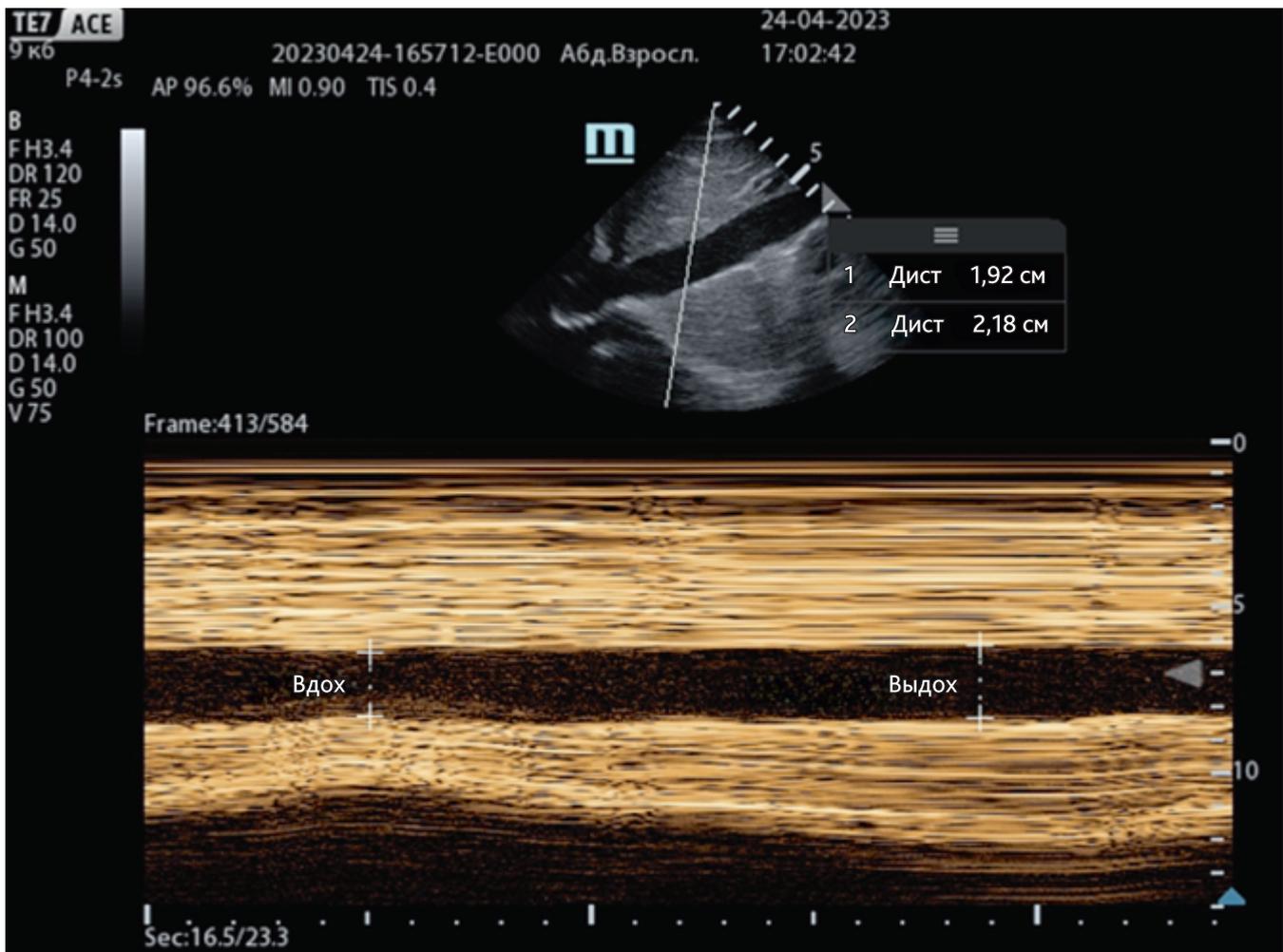


Рис. 1. Ультразвуковая визуализация НПВ в классическом доступе в положении на спине

Fig. 1. Ultrasound imaging IVC in the supine position

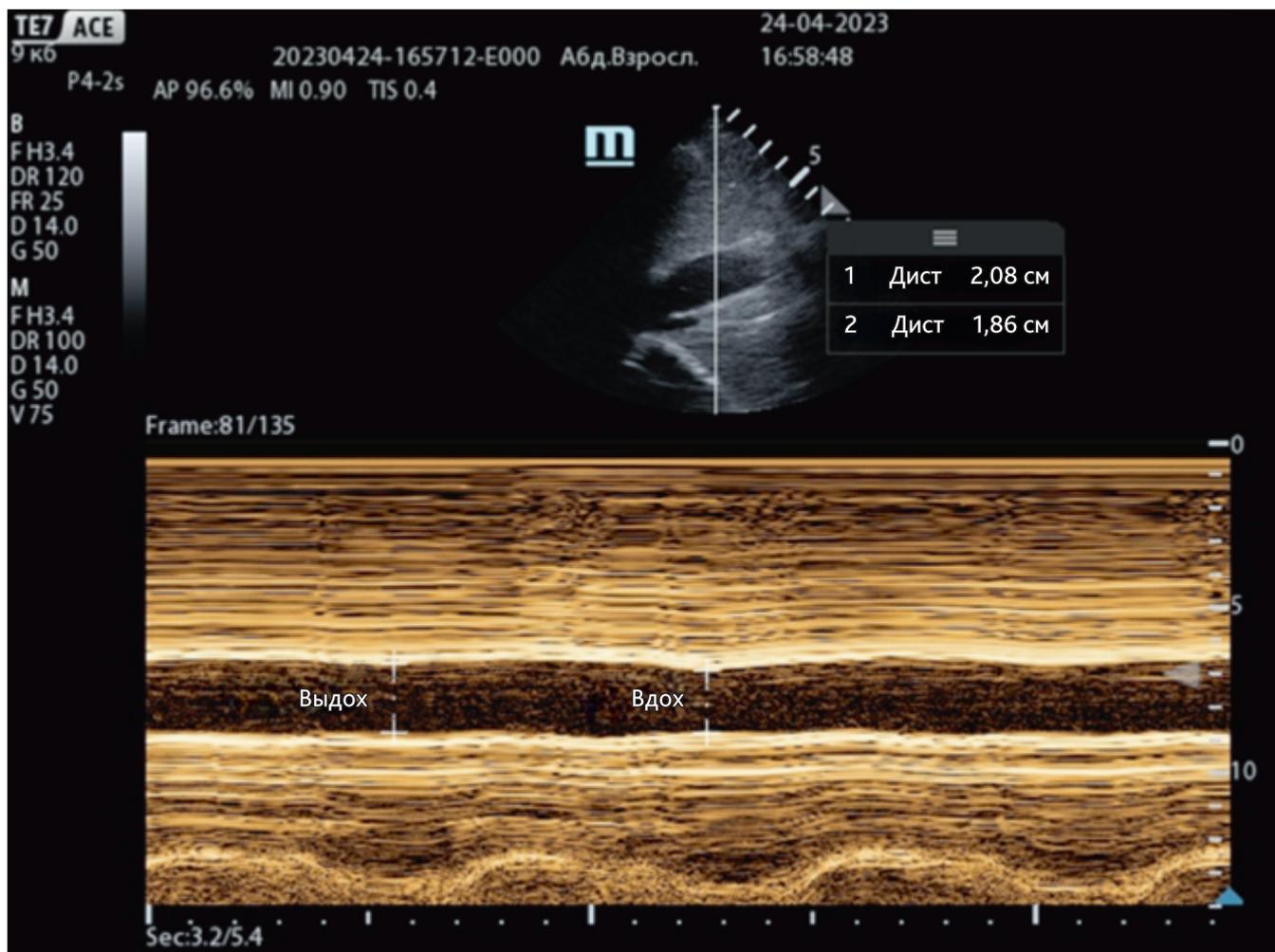


Рис. 2. Ультразвуковая визуализация НПВ в новом ультразвуковом доступе в прон-позиции

Fig. 2. IVC ultrasound imaging in the new ultrasound access in the pron-position

паравerteбральной линии [7]. Измерение размеров НПВ и расчет индекса коллабирования проводили соответственно традиционной методике (рис. 2).

### Статистический анализ

Анализ данных проводился при помощи программы SPSS-23 для Windows (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc. Chicago IL, США). Рассчитывали среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD) максимального и минимального размера НПВ. Количественные данные, не подчиняющиеся закону нормального распределения при расчетах значения индекса коллабирования НПВ, представлены медианой (Me) и квартилями (Q1–Q3). Это обусловлено тем, что медиана устойчива к искажениям, игнорирует выбросы в распределении результатов, дает информацию о типичном значении результата (в том числе в пределах квартиля). С целью характеристики нормальности распределения данных использовали метод Шапиро—Уилка.

Для определения достоверности изменений выбран непараметрический критерий Уилкоксона, использование которого обусловлено исследованием результатов, полученных в разных условиях на одной и той же выборке испытуемых. Принятая нулевая гипотеза — отсутствие статистических различий между величинами индекса коллабирования у добровольцев в положении лежа на животе и в прон-позиции. Уровень значимости:  $p = 0,05$ .

### Результаты исследования

Ультразвуковое исследование провели 25 здоровым добровольцам. У всех участников исследования удалось визуализировать НПВ в положении лежа на спине и лежа на животе. Характеристики пациентов представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Характеристика здоровых добровольцев, включенных в исследование ( $n = 25$ )**Table 1.** Volunteers characteristics included in the study ( $n = 25$ )

Показатель	Значение
Возраст, лет ( $M \pm SD$ )	25,12 $\pm$ 1,79
Пол (мужчины/женщины), $n$	14/11
Рост, см ( $M \pm SD$ )	172,12 $\pm$ 10,21
Масса тела, кг ( $M \pm SD$ )	70,76 $\pm$ 18,59
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup> ( $M \pm SD$ )	23,60 $\pm$ 4,74

В ходе проведенных измерений диаметра нижней полой вены были получены следующие результаты: среднее значение максимального и минимального размеров НПВ у добровольцев в положении лежа на спине составили  $1,58 \pm 0,37$  см и  $1,30 \pm 0,36$  см соответственно; в положении лежа на животе  $1,51 \pm 0,37$  см и  $1,24 \pm 0,36$  см соответственно. Значения  $Me$  ( $Q1-Q3$ ) индекса коллабирования НПВ (%) у участников исследования в положении лежа на спине и в прон-позиции составили 16,84 (8,86–24,39) и 15,63 (10,23–24,77) соответственно. При анализе полученных данных не было выявлено статистических различий между величинами индекса коллабирования НПВ добровольцев в положении лежа на животе и в прон-позиции ( $p = 0,861$ ).

## Обсуждение

Измерение индекса коллабирования НПВ с помощью ультразвука может быть использовано в клинических условиях для оценки волемиического статуса пациентов. Преимуществом данной методики является неинвазивность, воспроизводимость, а также скорость получения данных. В настоящее время известны методы определения индекса коллабирования НПВ у пациентов, находящихся как в положении лежа на спине, так и в положении лежа на животе [8]. Однако предложенный Jeremy Hensley метод оценки коллабирования НПВ предполагает измерение не переднезадних размеров вены традиционным способом, а латерально-медиальных [9]. Предложенный нами способ устраняет данный недостаток, поскольку обеспечивает возможность измерения переднезадних размеров НПВ у исследуемых в прон-позиции. Полученные нами данные не выявили статистически значимых отличий в значениях индекса коллабирования у добровольцев при измерении традиционным способом и посредством нового акустического окна, что может обеспечить получение точных данных без изменения положения исследуемого. В ходе нашего исследования были выявлены определенные ограничения использования нового акустического

окна для визуализации НПВ. К ним можно отнести ограничение соседними ребрами размеров акустического окна, что в ряде случаев не позволяло бы использовать конвексный ультразвуковой датчик, например в рамках протокола FAST (Focused assessment with sonography for trauma) [10]. Однако использование секторного фазированного датчика нивелировало данное ограничение. Кроме того, в настоящее время недостаточно изучено влияние прон-позиции на состояние НПВ у исследуемых в прон-позиции. Изменения внутригрудного и внутрибрюшного давления могут влиять на венозный возврат и давление в НПВ. Снижение амплитуды дыхательной экскурсии грудной клетки также может воздействовать на результаты измерений НПВ. Эти факторы могут оказывать влияние на коллабируемость НПВ у критических пациентов [11, 12]. Технические факторы, такие как опыт врача, проводящего ультразвуковое исследование, масштабирование изображения на экране ультразвукового сканера и другие параметры его настройки, также могут потенциально привести к различиям в измерениях [13].

## Заключение

Новое акустическое окно, расположенное в 11-м межреберье латеральнее правой паравертебральной линии, позволяет визуализировать НПВ и провести расчет индекса коллабирования НПВ. Отсутствие статистически значимой разницы значений индекса коллабирования НПВ у добровольцев в положении лежа на спине и лежа на животе демонстрирует возможность использования нового акустического окна для оценки волемиического статуса в клинических условиях у пациентов в прон-позиции. Требуется дополнительные исследования для повышения достоверности полученных результатов.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure.** The authors declare that they have no competing interests.

**Вклад авторов.** Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

**Author contribution.** All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

**Этическое утверждение.** Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ, Ижевск, протокол № 22 от 15.11.2022.

**Ethics approval.** This study was approved by the local Ethical Committee of Izhevsk State Medical Academy (reference number: 22-15.11.2022).

**Информация о финансировании.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Декларация о наличии данных.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, находятся в открытом доступе в репозитории Mendeley Data, по адресу: <https://doi.org/10.17632/7dz2vbygjr.1>

**Data Availability Statement.** The data that support the findings of this study are openly available in repository Mendeley Data at <https://doi.org/10.17632/7dz2vbygjr.1>

**ORCID авторов:**

Касаткин А.А. — 0000-0002-7147-1577

Матрешкин В.А. — 0000-0003-2218-9361

**Литература/References**

- [1] Jarman R.D., McDermott C., Colclough A., et al. EFSUMB Clinical Practice Guidelines for Point-of-Care Ultrasound: Part One (Common Heart and Pulmonary Applications) LONG VERSION. *Ultraschall in der Medizin — European Journal of Ultrasound*. 2022; 44(01): e1–24. DOI: 10.1055/a-1882-5615
- [2] Мазурок В.А., Нурғалиева А.И., Баутин А.Е. и др. Объемно-компрессионная осциллометрия для оценки гемодинамики у взрослых с некоррегированными врожденными пороками сердца и легочной артериальной гипертензией. *Анестезиология и реаниматология*. 2022; 6: 58–67. DOI: 10.17116/anaesthesiology202206158 [Mazurok V.A., Nurgalieva A.I., Bautin A.E., et al. Volumetric compression oscillometry for hemodynamic assessment in adults with congenital heart disease and pulmonary hypertension. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2022; 6: 58–67. DOI: 10.17116/anaesthesiology202206158 (In Russ)]
- [3] Старостин Д.О., Кузовлев А.Н. Роль УЗИ в диагностике объемного статуса у пациентов в критическом состоянии. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2018; 4: 42–50. DOI: 10.21320/1818-474x-2018-4-42-50 [Starostin D.O., Kuzovlev A.N. Role of ultrasound in diagnosing volume status in critically ill patients. *Annals of Critical Care*. 2018; 4: 42–50. DOI: 10.21320/1818-474x-2018-4-42-50 (In Russ)]
- [4] Ilyas A., Ishtiaq W., Assad S., et al. Correlation of IVC Diameter and Collapsibility Index With Central Venous Pressure in the Assessment of Intravascular Volume in Critically Ill Patients. *Cureus*. 2017. DOI: 10.7759/cureus.1025
- [5] Заболотских И.Б., Киров М.Ю., Лебединский К.М. и др. Анестезия и интенсивная терапия больных с COVID-19. Руководство Российской Федерации анестезиологов-реаниматологов. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2022; 1: 5–140. DOI: 10.21320/1818-474x-2022-1-5-140 [Zabolotskikh I.B., Kirov M. Yu., Lebedinskii K.M., et al. Anesthesia and intensive care for patients with COVID-19. Russian Federation of anesthesiologists and reanimatologists guidelines. *Annals of Critical Care*. 2022; 1: 5–140. DOI: 10.21320/1818-474x-2022-1-5-140 (In Russ)]
- [6] Clarke J., Geoghegan P., McEvoy N., et al. Prone positioning improves oxygenation and lung recruitment in patients with SARS-CoV-2 acute respiratory distress syndrome; a single centre cohort study of 20 consecutive patients. *BMC Research Notes*. 2021; 4(1). DOI: 10.1186/s13104-020-05426-2
- [7] Kasatkin A., Urakov A., Shchegolev A., et al. New acoustic window for assessing the inferior vena cava collapsibility in humans in the prone position. *Journal of Emergency Practice and Trauma*. 2023; 9(1): 76–8. DOI: 10.34172/jept.2022.30

- [8] Hensley J., Wang H. Assessment of Volume Status During Prone Spine Surgery via a Novel Point-of-care Ultrasound Technique. *Cureus*. 2019. DOI: 10.7759/cureus.4601
- [9] Hedman K., Nylander E., Henriksson J., et al. Echocardiographic Characterization of the Inferior Vena Cava in Trained and Untrained Females. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2016; 42(12): 2794–802. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.07.003
- [10] Scalea T.M., Rodriguez A., Chiu W.C., et al. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST). *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 1999; 46(3): 466–72. DOI: 10.1097/00005373-199903000-00022
- [11] Ajam M., Drake M., Ran R., et al. Approach to echocardiography in ARDS patients in the prone position: A systematic review. *Echocardiography*. 2022; 39(2): 330–8. DOI: 10.1111/echo.15294
- [12] Шилин Д.С., Шаповалов К.Г. Гемодинамика при переводе в prone-позицию пациентов с COVID-19. *Общая реаниматология*. 2021; 17(3): 32–41. DOI: 10.15360/1813-9779-2021-3-32-41 [Shilin D.S., Shapovalov K.G. Hemodynamic Parameters After Prone Positioning of COVID-19 Patients. *General Reanimatology*. 2021; 3: 32–41. DOI : 10.15360/1813-9779-2021-3-32-41 (In Russ)]
- [13] Fields J.M., Lee P.A., Jenq K.Y., et al. The Interrater Reliability of Inferior Vena Cava Ultrasound by Bedside Clinician Sonographers in Emergency Department Patients. *Academic Emergency Medicine*. 2011; 18(1): 98–101. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2010.00952.x