

**ПОКАЗАТЕЛЬ УДАРНОГО ОБЪЕМА СЕРДЦА ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЛЕМИЧЕСКОГО СТАТУСА БОЛЬНОГО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИИ КАРОТИДНОЙ ЭНДАРТЕРЭКТОМИИ****М.Г. Прожого<sup>1</sup>, Г.В. Косицына<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара;<sup>2</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Самарский областной клинический кардиологический диспансер им. В.П. Полякова», СамараДля цитирования: Прожого М.Г., Косицына Г.В. Показатель ударного объема сердца при оценке волемического статуса больного при выполнении операции каротидной эндартерэктомии // Аспирантский вестник Поволжья. – 2020. – № 1–2. – С. 44–48. <https://doi.org/10.17816/2072-2354.2020.20.1.44-48>

Поступила: 17.01.2020

Одобрена: 27.02.2020

Принята: 16.03.2020

▪ **Цель исследования** — определить значимость показателя вариабельности ударного объема сердца в оценке волемического статуса пациентов при выполнении операции каротидной эндартерэктомии. **Материалы и методы.** В исследование было включено 60 пациентов, которым была выполнена операция каротидной эндартерэктомии. Средний возраст пациентов составил  $68 \pm 7,4$  года. Операция проходила в условиях общей анестезии с искусственной вентиляцией легких. Изучалось кардиореспираторное взаимодействие. Регистрировали параметры состояния центральной гемодинамики до и после функционального гемодинамического теста с подъемом ног больного. Изменение ударного объема сердца по результатам пробы было основанием для разделения пациентов на три группы. **Результаты.** Выявлены дефицит волемии в сочетании со снижением сократимости миокарда в 1-й группе — 11 пациентов (18 %), дефицит волемии во 2-й группе — 18 пациентов (30 %) и удовлетворительные показатели гемодинамики в 3-й группе пациентов — 31 больной (52 %). Изменения показателя SVV полностью соответствовали изменению ударного объема по результатам пробы с подъемом ног. Выявлено, что независимо от исходного состояния гемодинамики показатель вариабельности ударного объема сердца корректно отражает состояние волемического статуса пациентов во время операции каротидной эндартерэктомии. **Выводы.** Показатель вариабельности ударного объема сердца позволяет оценивать эффективность проводимой инфузионной терапии и контролировать волемическую нагрузку при выполнении операции каротидной эндартерэктомии.

▪ **Ключевые слова:** каротидная эндартерэктомия; волемический статус; кардиореспираторное взаимодействие; вариабельность ударного объема сердца.

**INDICATOR OF STROKE VOLUME IN ESTIMATING PATIENT'S VOLEMIC STATUS IN THE CAROTID ENDARTERECTOMY****M.G. Prozhoga<sup>1</sup>, G.V. Kositsyna<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Samara State Medical University, Samara, Russia;<sup>2</sup> Samara Regional Clinical Cardiology Dispensary named after V.P. Polyakov, Samara, RussiaFor citation: Prozhoga MG, Kositsyna GV. Indicator of stroke volume in estimating patient's volemic status in the carotid endarterectomy. *Aspirantskiy Vestnik Povolzhiya*. 2020;(1-2):44-48. <https://doi.org/10.17816/2072-2354.2020.20.1.44-48>

Received: 17.01.2020

Revised: 27.02.2020

Accepted: 16.03.2020

▪ **The purpose of the study** is to determine the significance of variability index of the heart stroke volume in assessing the volemic status of patients during carotid endarterectomy. **Materials and methods.** The study included 60 patients who underwent carotid endarterectomy. The average age of patients is  $68 \pm 7.4$  years. The operation was performed under general anesthesia with mechanical ventilation. Cardiorespiratory interaction was studied. The parameters of the state of central hemodynamics were recorded before and after the functional hemodynamic test with the patient's legs raised. The patients were divided into 3 groups according to the change in the stroke volume of the heart on the test results. **Results.** The 1<sup>st</sup> group included 11 patients (18%), they have a volemia deficiency in combination with a decrease in myocardial contractility, 18 patients (30%) of the 2<sup>nd</sup> group suffered deficiency of volemia, and 31 pa-

tients (52%) having satisfactory hemodynamics were included into the 3<sup>rd</sup> group. The results of the test with raising of the legs demonstrated that the changes in the SVV indicator corresponded completely to the changes in stroke volume. It was revealed that, irrespectively of the initial state of hemodynamics, the index of variability of the heart stroke volume correctly reflected the state of the volemic status of patients during carotid endarterectomy. **Findings.** The rate of variability of heart stroke volume allows to evaluate the effectiveness of the infusion therapy and to control the volemic load during the carotid endarterectomy operation.

■ **Keywords:** carotid endarterectomy; volemic status; cardiorespiratory interaction; variability of stroke volume of the heart.

Интраоперационная инфузионная терапия призвана обеспечивать удовлетворительную voleмию у больных, необходимую для поддержания тканевой перфузии во время выполнения операций. Гиповолемиа приводит к артериальной гипотонии, нарушению периферической микроциркуляции, олигурии, увеличению лактата крови, отрицательно влияет на уровень сознания в послеоперационном периоде. Во время операции всегда необходимо решать вопрос, нужно ли и в каком объеме проводить дополнительную внутривенную инфузию. При этом необходимо четко определить, имеется ли у пациента дефицит объема циркулирующей крови (ОЦК) и приведет ли дополнительная инфузия к увеличению сердечного выброса, необходимого для ликвидации тканевой гипоперфузии.

Периоперационная клиническая оценка гемодинамики включает в себя общепринятые параметры: электрокардиографию (ЭКГ), частоту сердечных сокращений (ЧСС), неинвазивное измерение артериального давления (нАД), сатурацию крови ( $S_pO_2$ ). Подобная оценка не может быть признана абсолютно адекватной, так как, основываясь на этих параметрах, невозможно точно определить voleмический статус и сократимость сердца (сердечный выброс, СВ) [3]. Именно поэтому в настоящее время рекомендуется динамический (функциональный) подход к мониторингу гемодинамики [2, 6]. Для реализации подобного подхода используются тесты и параметры, посредством которых можно оценить чувствительность больного к инфузионной нагрузке. Это вариабельность ударного объема (ВУО), вариабельность пульсового давления (ВПД), вариабельность систолического давления (ВСД), индекс динамической артериальной эластичности (ВПД/ВУО), индекс растяжимости нижней полой вены, индекс спадения верхней полой вены, конечно-эспираторный окклюзионный тест, тест с повышением положительного давления конца выдоха, тест с повышением дыхательного объема (ДО), стандартный тест с инфузионной нагрузкой, тест с минимальной инфузионной нагрузкой, тест с пассивным подъемом ног. Часть тестов

основана на кардиореспираторном взаимодействии, когда фазы вдоха и выдоха влияют на величину преднагрузки и позволяют оценить изменения СВ. Другой подход — это пробные внутривенные инфузии жидкости в различных объемах и аутоотраффузия. Таким образом, имеется группа тестов, с помощью которых можно воздействовать на сердечно-сосудистую систему (ССС) и оценивать изменения состояния больного. Подобные тесты необходимо проводить неоднократно. Посредством другой группы тестов возможно оценивать ССС постоянно (on line). Это контроль таких показателей, как ВУО, ВПД, ВСД. Они являются расчетными.

В данной работе был использован показатель вариабельности ударного объема (ВУО / stroke volume variation, SVV). Этот показатель рассчитывается как разность между максимальным и минимальным значениями УО на протяжении одного дыхательного цикла или фиксированного интервала времени, разделенная на среднее значение УО.

В доступной литературе не было найдено информации по использованию показателя ВУО при операции каротидной эндартерэктомии (КЭАЭ).

**Цель исследования** — определить значимость показателя вариабельности ударного объема сердца в оценке voleмического статуса пациентов при выполнении операции КЭАЭ.

## Материалы и методы

В исследование было включено 60 пациентов, которым была выполнена операция КЭАЭ. Из них 48 мужчин (80 %) и 12 женщин (20 %). Средний возраст пациентов составил  $68 \pm 7,4$  года.

Для интраоперационного гемодинамического мониторинга применяли мониторы Vigileo (Edwards Lifesciences, США) и Nihon Kohden (Япония). Проводили инвазивное измерение АД через плечевую или лучевую артерию. С помощью монитора Nihon Kohden получали данные об инвазивном АД, ЧСС, о насыщении гемоглобина кислородом.

дом ( $S_pO_2$ ). Посредством монитора Vigileo возможно измерить СВ по кривой артериального давления (технология APCO) монитора Nihon. Аппараты соединяются через сенсор FloTrakSensor. Первично измеряется ударный объем сердца (УО), далее рассчитываются ударный индекс (УИ), минутный объем сердца, сердечный индекс (СИ), вариабельность ударного (систолического) объема крови (SVV) [5].

Все пациенты получали первичную инфузионную терапию в объеме 500 мл сбалансированного раствора стерофундина. В операционной проводились премедикация (фентанил 0,1 мг, сибазон 10 мг), индукция в наркоз (пропофол 2 мг/кг), релаксация (эсмерон 0,6 мг/кг) и интубация трахеи. Осуществляли перевод пациентов на искусственную вентиляцию легких (ИВЛ). Режим SIMV. Дыхательный объем 10 мл/кг. На мониторах регистрировали параметры исходного состояния центральной гемодинамики (ЦГД). После этого проводили функциональный гемодинамический тест с подъемом ног больного. Подъем обеих ног осуществляли на 45° от уровня операционного стола. Через одну минуту вновь фиксировали показатели ЦГД. Ноги опускали. Определяли необходимость и вид коррекции гемодинамики по результатам пробы.

Для статистического анализа использовали программное обеспечение SPSS. Данные представлены в виде среднеарифметических величин ( $M$ ) и стандартного отклонения ( $s$ ):  $M \pm s$ . Группы параметров сравнивали по  $t$ -критерию Стьюдента при нормальном распределении данных,  $t$ -теста для зависимых выборок. При отсутствии нормального распределения

использовали непараметрические методы анализа. Различие считали статистически значимым при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Пробу с подъемом ног оценивали по изменениям УО. По результатам пробы пациенты были разделены на три группы:

1. Больные с исходным УО до 70 мл (УИ до 35 мл/м<sup>2</sup>) без существенного (до 10 % от исходного) изменения УО (УИ) по результатам пробы: 11 человек (18 %).
2. Больные, у которых при исходном УО до 70 мл (УИ до 35 мл/м<sup>2</sup>) был отмечен существенный (10 % и более) прирост УО (УИ): 18 человек (30 %).
3. Больные, у которых при исходном УО 70 мл (УИ 35 мл/м<sup>2</sup>) и более изменения УО (УИ) были разной степени выраженности: 31 человек (52 %).

Показатели ЦГД до и после теста с подъемом ног представлены в табл. 1.

Проведена комплексная оценка ЦГД. Оказалось, что во 2-й группе был дефицит ОЦК с сохраненной сократимостью миокарда. В 1-й группе изменения показателей ЦГД свидетельствовали о дефиците ОЦК и наличии снижения сократительной способности сердца. В 3-й группе параметры гемодинамики признаны удовлетворительными.

Для определения значимости показателя вариабельности ударного объема в оценке волемического статуса пациентов оценивали соответствие характера изменения SVV динамике УО в результате тестирования и проведения дополнительной внутривенной объемной инфузии.

Таблица 1 / Table 1

### Показатели гемодинамики до и после теста с подъемом ног Hemodynamic indicators before and after the test with the legs raised

Показатели	1-я группа		$p$	2-я группа		$p$	3-я группа		$p$
	до	после		до	после		до	после	
ЧСС	97 ± 12,2	94 ± 11,1	0,156	64 ± 6,5	66 ± 7,8	0,128	67 ± 10,5	68 ± 8,6	0,714
УО	54 ± 2,3	54,3 ± 5,1	0,898	62,3 ± 2,8	75,7 ± 4,3	0,002	83,8 ± 12,5	85,2 ± 10	0,262
УИ	27 ± 2,3	28,3 ± 4,4	0,576	32 ± 2,7	38 ± 4,21	0,002	42,4 ± 7,7	43 ± 6	0,295
СИ	2,34 ± 0,1	2,73 ± 0,4	0,341	2,01 ± 0,31	2,4 ± 0,31	0,042	2,79 ± 0,31	2,78 ± 0,30	0,611
ОПСС	1392 ± 301	1604 ± 456	0,21	1844 ± 431	1884 ± 515	0,647	1361 ± 274	1479 ± 285	0,001
АД <sub>сред</sub>	89 ± 10,8	98 ± 15,4	0,216	91 ± 17,3	114 ± 19,4	0,004	93 ± 11,2	104 ± 10,6	0,001
SVV	18 ± 0,7	16,3 ± 0,8	0,31	20,8 ± 3,6	11,5 ± 5,2	0,008	12,4 ± 4,7	8,9 ± 2,3	0,025

Примечание. ОПСС — общее периферическое сосудистое сопротивление. Расшифровку других аббревиатур см. в тексте.

Note. ОПСС — total peripheral vascular resistance. For other abbreviations, see the text.

Таблица 2 / Table 2

**Изменения ударного объема и SVV после пробы с подъемом ног**  
**Changes in stroke volume and SVV after the test with the legs raised**

Группа	Параметр	До	После	<i>p</i>
1-я	УО	54 ± 2,3	54,3 ± 5,1	0,898
	SVV	18 ± 0,7	16,3 ± 0,8	0,31
2-я	УО	62,3 ± 2,8	75,7 ± 4,3	0,002
	SVV	20,8 ± 3,6	11,5 ± 5,2	0,008
3-я	УО	83,8 ± 12,5	85,2 ± 10	0,262
	SVV	12,4 ± 4,7	8,9 ± 2,3	0,025

Таблица 3 / Table 3

**Изменение ударного объема и SVV после коррекции**  
**Change in stroke volume and SVV after the treatment**

Группа	Параметр	До	После	<i>p</i>
1-я	УО	54 ± 2,3	69,1 ± 6,1	0,019
	SVV	18 ± 0,7	12,6 ± 0,8	0,038
2-я	УО	62,3 ± 2,8	73 ± 5,1	0,008
	SVV	20,8 ± 3,6	12 ± 3,7	0,013

Примечание. Расшифровку аббревиатур см. в тексте.  
 Note. For abbreviations, see the text.

В табл. 2 представлены изменения УО и показателя SVV при проведении пробы с подъемом ног.

В 1-й группе не было статистически значимого изменения УО и SVV ( $p > 0,05$ ). Во 2-й группе значимый прирост УО ( $p = 0,002$ ) сопровождался значимым снижением SVV ( $p = 0,008$ ). Динамика SVV соответствует изменению УО. В 3-й группе не выявлено изменений УО ( $p = 0,262$ ), однако изменение SVV статистически значимо ( $p < 0,05$ ).

По результатам комплексной оценки гемодинамики проведена необходимая инфузионная и кардиотоническая коррекция. В 3-й группе коррекции не требовалось.

В табл. 3 показана динамика УО и SVV после проведенной необходимой терапии в 1-й и 2-й группах.

Отмечено скоординированное изменение УО и показателя SVV при гемодинамической коррекции. При статистически значимом приросте УО в 1-й и 2-й группах ( $p < 0,05$ ) происходило значимое снижение SVV ( $p < 0,05$ ).

## Обсуждение

Посредством монитора Vigileo/FloTrac TM (Edwards Lifesciences) возможно непосредственное измерение респираторной вариабельности УО [7]. Вариабельность ударного сердечного объема (ВУО, SVV) является функ-

циональной гемодинамической переменной. Изменения УО основаны на кардиореспираторном взаимодействии, то есть определяются колебаниями внутригрудного давления. Для более точного измерения показателя больной должен быть на ИВЛ с дыхательным объемом 8–15 мл/кг. На вдохе происходит снижение венозного возврата к сердцу, УО тоже снижается. После выдоха преднагрузка сердца восстанавливается и сердечный выброс возрастает. Чем больше различается УО при вдохе и выдохе на ИВЛ, тем выше его значение вариабельности. Следовательно, более выражен дефицит ОЦК [1, 4]. Чувствительность параметра — 86 %, специфичность — 85 %. Чем ближе цифра ВОУ к 10 %, тем меньше дефицит волемии [2].

**Целью** нашего исследования было определение значимости показателя вариабельности УО в оценке волемического статуса пациента при операции КЭАЭ. Для этого оценивали соответствие характера изменения SVV динамике УО в результате проведения пробы с подъемом ног и проведения дополнительной внутривенной инфузии. Изменения параметра полностью совпадали с характером динамики УО. В группе 1 не было статистически значимого изменения УО и SVV ( $p > 0,05$ ) в результате проведения теста с подъемом ног. Это свидетельствовало о дефиците ОЦК и наличии снижения сократительной способности

сердца. Проведенная терапия обеспечила увеличение УО и снижение SVV ( $p < 0,05$ ), что также правильно характеризовало состояние больного. В группе 2 значимый прирост УО сопровождался значимым снижением SVV ( $p < 0,05$ ). Динамика SVV соответствовала изменению УО. В группе 3 не выявлено изменений УО ( $p = 0,262$ ). Эти результаты подтверждают ранее опубликованные данные об изучении указанных параметров [2, 4]. В результате проведенного исследования выявлено, что независимо от исходного состояния гемодинамики, показатель variability ударного объема сердца (SVV) корректно отражает состояние волемического статуса. Посредством его измерения возможно осуществлять оценку проводимой инфузионной терапии и динамический контроль волемии пациентов, в том числе и при операции КЭАЭ. Данные выводы совпадают с мнением других авторов [2, 5, 7].

### Выводы

1. Показатель variability ударного объема сердца позволяет корректно осуществлять динамический контроль волемического статуса пациентов.
2. Это дает возможность оценивать эффективность проводимой терапии во время операции КЭАЭ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Benington S, Ferris P, Nirmalan M. Emerging trends in minimally invasive haemodynamic monitoring and optimization of fluid therapy. *Eur J Anaesthesiol.* 2009;26(11):893-905. <https://doi.org/10.1097/EJA.0b013e3283308e50>.
2. Cavallaro F, Sandroni C, Antonelli M. Functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness. *Minerva Anesthesiol.* 2008;74(4):123-135.
3. Cecconi M, Parsons AK, Rhodes A. What is a fluid challenge? *Curr Opin Crit Care.* 2011;17(3):290-295. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e32834699cd>.
4. Hofer CK, Cannesson M. Monitoring fluid responsiveness. *Acta Anaesthesiol Taiwan.* 2011;49(2):59-65. <https://doi.org/10.1016/j.aat.2011.05.001>.
5. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, et al. Dynamic changes in arterial wave form derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med.* 2009;37(9):2642-2647. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181a590da>.
6. Monnet X, Teboul JL. Assessment of volume responsiveness during mechanical ventilation: recent advances. *Crit Care.* 2013;17(2):217. <https://doi.org/10.1186/cc12526>.
7. Zhang Z, Lu B, Sheng X, et al. Accuracy of stroke volume variation in edicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *J Anesth.* 2011;25(6):904-916. <https://doi.org/10.1007/s00540-011-1217-1>.

### ■ Информация об авторах

Михаил Григорьевич Прожога — заочный аспирант кафедры анестезиологии, реаниматологии и СМП ИПО, врач — анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации клиник, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара. E-mail: [michail\\_pro@mail.ru](mailto:michail_pro@mail.ru).

Галина Владимировна Косицына — врач-кардиолог консультативно-реабилитационного отделения, ГБУЗ «Самарский областной клинический кардиологический диспансер им. В.П. Полякова», Самара. E-mail: [6021@mail.ru](mailto:6021@mail.ru).

### ■ Information about the authors

Mikhail G. Prozhoga — Postgraduate student, Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine of IPE, Intensivist at the Department of Anesthesiology and Intensive Care of the Clinics, Samara State Medical University, Samara, Russia. E-mail: [michail\\_pro@mail.ru](mailto:michail_pro@mail.ru).

Galina V. Kositsyna — Cardiologist of the Consulting and Rehabilitation Department, Samara Regional Clinical Cardiology Dispensary named after V.P. Polyakov, Samara, Russia. E-mail: [6021@mail.ru](mailto:6021@mail.ru).