

## Риск и значимость венозной воздушной эмболии при нейрохирургических операциях в положении сидя у взрослых

Р.С. Лакотко, Д.А. Аверьянов, А.В. Щеголев

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени  
С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** В настоящее время положение пациента сидя во многом утратило популярность среди нейрохирургов в основном из-за опасений возможных осложнений. Эта позиция сопряжена с определенными рисками, наиболее опасными из которых являются венозная воздушная (ВВЭ) и парадоксальная воздушная эмболия (ПВЭ).

**Материалы и методы.** Мы сообщаем о ретроспективном исследовании, в которое за 2 года вошло 66 нейрохирургических пациентов, оперированных в положении сидя. Предоперационное обследование, анестезиологическое обеспечение и интраоперационный мониторинг были стандартизированы. В анализ были включены данные из анестезиологических карт и протоколов интраоперационного мониторинга.

**Результаты.** Из 66 пациентов у 24 (36 %) было диагностировано функционирующее овальное окно (ФОО) с помощью контрастной трансэзофагеальной эхокардиографии с пробой Вальсальвы. Выявленная аномалия не рассматривалась как противопоказание для хирургического вмешательства в положении сидя. Венозная воздушная эмболия во время операции была диагностирована у 34 пациентов (51,5 %). Однако клинически значимые осложнения развились у 3 пациентов (4,5 %). Ни у одного пациента не было осложнений, требующих терапии в послеоперационном периоде.

**Заключение.** Наше исследование показывает, что модель анестезиологического обеспечения, подобная нашей, эффективна в предотвращении основных осложнений, связанных с положением пациента сидя. Страх перед фатальными осложнениями представляется необоснованным.

## Risk and significance of venous air embolism at neurosurgical operations in the position of sitting at adults. Article

R.S. Lakotko, D.A. Averyanov, A.V. Shchyogolev

Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russia

### Abstract

**Background.** Currently, the patient's sitting position has largely lost popularity among neurosurgeons mainly due to fears of possible complications. This position involves certain risks, the most dangerous of which are venous air embolism and paradoxical air embolism.

**Materials and methods.** We report a retrospective study that included 66 neurosurgical patients operated on in a sitting position in 2 years. Preoperative examination, anesthetic management, and intraoperative monitoring have been standardized. The analysis included data from anesthetic charts and protocols of intraoperative monitoring.

**Results.** Of 66 patients, 24 (36 %) were diagnosed with patent foramen ovale using contrast transesophageal echocardiography with Valsalva breakdown. The anomaly was not considered as a contraindication for surgery in a sitting position. Venous air embolism during surgery was diagnosed in 34 patients (51.5 %). However, clinically significant complications developed in 3 patients (4.5 %). None of the patients had complications requiring therapy in the postoperative period.

**Conclusion.** Our study shows that an anaesthetic support model like ours is effective in preventing major complications associated with the patient's sitting position. The fear of fatal complications seems unfounded.

**Keywords:** VAE, PFO, TEE, sitting position

✉ **For correspondence:** Roman S. Lakotko — Department of Anesthesiology and Reanimatology, Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg; e-mail: rom-sl@mail.ru

✉ **For citation:** Lakotko RS, Averyanov DA, Shchyogolev AV. Risk and significance of venous air embolism at neurosurgical operations in the position of sitting at adults. Article. Annals of Critical Care. 2019;4:68–72.

**Ключевые слова:** венозная воздушная эмболия, операция в положении сидя, функционирующее овальное окно, чреспищеводная эхокардиография

✉ *Для корреспонденции:* Лакотко Роман Сергеевич — адъюнкт кафедры анестезиологии и реаниматологии, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург; e-mail: rom-sl@mail.ru.

✉ *Для цитирования:* Лакотко Р.С., Аверьянов Д.А., Щеголев А.В. Риск и значимость венозной воздушной эмболии при нейрохирургических операциях в положении сидя у взрослых. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2019;4:68–72

✉ *Поступила:* 05.04.2019

✉ *Принята к печати:* 05.11.2019

✉ *Received:* 05.04.2019

✉ *Accepted:* 05.11.2019

DOI: 10.21320/1818-474X-2019-4-68-72

В настоящее время продолжают дискуссии о рисках и преимуществах положения сидя, как в нейрохирургии, так и в анестезиологии. Нейрохирургические вмешательства в этой позиции выполняются редко, в основном из-за опасений высокого риска известных осложнений. К ним относятся: напряженная пневмоцефалия, ишемическое повреждение периферических нервов, квадруплегия, макрогlossия и венозная воздушная эмболия (ВВЭ) [1, 2]. Но именно ВВЭ, с ее наиболее опасными последствиями парадоксальной воздушной эмболии (ПВЭ), является наиболее опасным осложнением. В отечественной и зарубежной литературе нет единого мнения относительно возможного риска осложнений, связанных с этой позицией. Ряд исследователей отмечает безопасность положения сидя [3–6]. В то же время некоторые авторы указывают на повышенный риск этого положения по сравнению с другими нейрохирургическими позициями [7, 8]. Следует помнить, что существует определенный риск ВВЭ при нейрохирургических операциях и в положении лежа [9, 10]. Однако у положения сидя есть много явных преимуществ. К ним относятся более чистое операционное поле вследствие хорошего дренажа крови и ликвора, лучший гемостаз. Ретракция мозжечка обеспечивает хороший обзор операционного поля, особенно при доступе к срединным структурам. До тех пор, пока не будет объективно изучен риск осложнений, связанных с этой позицией, а также разработаны алгоритмы анестезиологического обеспечения таких операций, в сознании анестезиологов будут оставаться необоснованные опасения, не позволяющие нейрохирургам работать так, как им удобно. Известно несколько протоколов диагностики ВВЭ у пациентов, оперируемых в положении сидя. Наиболее рациональными из них представляются

алгоритмы с использованием интраоперационной чреспищеводной эхокардиографии (ЧпЭхоКГ) [11]. Целью нашего ретроспективного аудита было определение частоты клинически значимой ВВЭ у пациентов, оперированных в положении сидя. Все анестезии были выполнены одной анестезиологической бригадой.

## Материалы и методы

Мы сообщаем о 66 плановых оперативных вмешательствах, выполненных пациентам, находящимся на операционном столе в положении сидя, с октября 2016 г. по февраль 2019 г. Репрезентативность выборки по оперативным вмешательствам представлена следующим образом: удаление объемного образования мостомозжечкового угла (46), удаление новообразования IV желудочка (10), микроваскулярная декомпрессия (6), устранение аномалии Арнольда—Киари (4). Все пациенты накануне перед операцией были осмотрены анестезиологом, с обязательной оценкой подвижности шейного отдела позвоночника и возможности пациента комфортно находиться в положении сидя. После индукции в анестезию и интубации трахеи мы рутинно устанавливали датчик TEExi 8–3 МГц (Fujifilm Sonosite) и проводили транспищеводное эхокардиографическое исследование. С целью диагностики функционирующего овального окна (ФОО) и дефектов межпредсердной перегородки исключали наличие шунта справа налево. Для этого мы проводили так называемый пузырьковый тест, используемый разными авторами [12–14]. Для контрастирования мы применяли 20 мл вспененного ажитированного раствора аутокрови с физиологическим

раствором, который вводили внутривенно при обязательном выполнении пробы Вальсальвы с ПДКВ 20 мм водн. ст. Само по себе ФОО не считали противопоказанием для выполнения операции в положении сидя, однако у таких пациентов ПДКВ не использовали.

Дефектов межпредсердной перегородки выявлено не было. Позиционирование достигалось за счет специальных подушек и регулировок частей операционного стола. Как в классическом положении, описанном Porter и соавт., ноги поднимали как можно выше, чтобы увеличить венозный возврат к сердцу [11, 15]. В стандартный мониторинг входил контроль ЭКГ в трех отведениях с непрерывным анализом сегмента ST, пульсоксиметрия, капнография, контроль диуреза. С целью измерения инвазивного артериального давления (и АД) выполняли катетеризацию лучевой артерии. ИВЛ обеспечивали наркозно-дыхательным аппаратом GE Avance Carestation по полузакрытому контуру в режиме нормовентиляции (EtCO<sub>2</sub> 35–40 мм рт. ст.) с метаболическим потоком. Анестезию поддерживали ингаляцией севофлурана (МАК 0,9–1,0) и дробным введением фентанила 0,1 мг каждые 30 минут. Всем пациентам в положении сидя была выполнена краниотомия с обеспечением хирургического доступа к структурам задней черепной ямки. В зависимости от локализации образования применялись различные хирургические доступы. Для подхода к структурам мостомозжечкового угла применялся ретросигмовидный доступ. С целью удаления образований области четверохолмия или полости IV желудочка применялись субтенториальный супрацеребеллярный и срединный субокципитальный доступы соответственно. В последнем случае при необходимости выполнялась резекция задней дужки С-1 позвонка. В зависимости от степени сращения твердой мозговой оболочки с костью и предпочтения хирурга пациентам выполнялась костно-пластическая или резекционная трепанация [16]. Интраоперационную диагностику ВВЭ мы проводили с помощью ЧпЭхоКГ. Известно, что частота визуальной диагностики ВВЭ с помощью этого метода высока и отсутствует значимая корреляция с клинической картиной тяжести возможных осложнений. Поэтому для оценки тяжести ВВЭ мы использовали клинически ориентированную шкалу Tuebingen VAE, предложенную Feigl и соавт. (табл. 1) [17, 18].

При выявлении эпизода ВВЭ анестезиолог сообщал об этом нейрохирургу и при необходимости выполнял ручное пережатие обеих яремных вен, что позволяло быстро найти источник воздушной эмболии. Возможные последствия ПВЭ мы, как и другие авторы, определяли по клиническим признакам в послеоперационном периоде [3, 14]. Данные об интраоперационной кровопотере, хирургических осложнениях, особенностях послеоперационного периода, интенсивной терапии и пребывания в стационаре были взяты из анестезиологических карт и историй болезни.

Таблица 1. Шкала тяжести ВВЭ Тюбинген [Feigl, 2014]

Класс тяжести	Клинические проявления
1	воздух на ЧпЭхоКГ
2	воздух на ЧпЭхоКГ и $\downarrow$ EtCO <sub>2</sub> $\leq$ 3 мм рт. ст.
3	воздух и изменения EtCO <sub>2</sub> > 3 мм рт. ст.
4	$\downarrow$ EtCO <sub>2</sub> $\geq$ 3 мм рт. ст. и $\downarrow$ АД $\geq$ 20 % и/или $\uparrow$ ЧСС $\geq$ 40 %
5	$\downarrow$ EtCO <sub>2</sub> $\geq$ 3 мм рт. ст. и $\downarrow$ АД $\geq$ 20 % и/или $\uparrow$ ЧСС $\geq$ 40 % + СЛР

Исследование одобрено этическим комитетом при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, протокол № 183 от 20.12.2016.

## Результаты

Было выполнено 28 (42,4 %) костно-пластических и 38 (57,6 %) резекционных трепанаций. У 24 (36 %) человек диагностировали ФОО. У 34 (51,5 %) пациентов зарегистрированы единичные или множественные эпизоды ВВЭ. У 31 (47 %) пациента отмечались эпизоды ВВЭ, но без гемодинамических нарушений. У 12 из них диагностировано ФОО. Клинически значимая ВВЭ (Т4) развилась у 3 (4,5 %) из 66 пациентов, оперированных в положении сидя. Причем у всех пациентов с тяжелой ВВЭ отмечались множественные эпизоды подсоса воздуха: 3, 8, и 14 раз. Двоим из них была выполнена резекционная и одному — костно-пластическая трепанация соответственно. В двух случаях ВВЭ возникла на этапе резекции кости, и в одном случае при вскрытии венозного синуса соответственно. EtCO<sub>2</sub> опускалось до 20, 22 и 28 мм рт. ст. Инвазивное артериальное давление в этих случаях опускалось более чем на 20 % от исходного. Во всех эпизодах клинически значимой ВВЭ эхокардиографически визуализировались многочисленные и крупные контрастные артефакты с характерными тенями. Следует отметить, что в этих случаях ручная компрессия яремных вен помогла нейрохирургу найти источник эмболии, но не купировала поступление воздуха в правое предсердие. Возможно, что при массивной ВВЭ, при пережатии внутренних яремных вен отток из венозного бассейна задней черепной ямки происходит через позвоночные вены и венозное сплетение шейного отдела позвоночного канала. Таким образом, только быстрая диагностика ВВЭ, выявление и устранение источника попадания воздуха позволяют избежать тяжелых последствий. Ни у одного пациента не было выявлено последствий, связанных с ВВЭ. Ни один пациент не перенес ПВЭ.

## Обсуждение

Современный тренд к уменьшению популярности положения сидя, по мнению некоторых специалистов, не всегда удобен и безопасен с хирургической точки зрения [11, 19]. Известно, что патофизиологические условия для ВВЭ присутствуют во всех ситуациях, когда голова находится выше уровня сердца. По данным литературы, частота ВВЭ при операциях в положении сидя колеблется от 7 до 82,6 % [4, 6, 20, 21] в зависимости от методов диагностики. Также ВВЭ наблюдается в положении лежа на боку или на спине с зарегистрированной частотой от 10 до 17 % [7, 9, 10, 22, 23]. В то же время необходимо учитывать, что при краниотомиях, выполняемых пациентам в положении на спине или на боку, голова часто фиксируется выше уровня сердца с целью облегчения венозного возврата [24]. Это означает, что и в этих случаях имеются факторы для развития ВВЭ. Наша частота ВВЭ 51,5 % достаточно высока, но соответствует данным литературы. Непрерывная интраоперационная ЧпЭхоКГ является наиболее чувствительным методом диагностики ВВЭ и способна обнаружить пузырьки размером от 5 до 10 нм [10, 23, 25]. Гипердиагностика ВВЭ с помощью ЧпЭхоКГ известна, но этот метод обеспечивает раннюю диагностику ВВЭ, что позволяет своевременно принять необходимые действия, не допуская развития клинически значимых явлений [11].

Частота диагностики ФОО достаточно высока [26, 27] в том числе и у пациентов нейрохирургического профиля [12]. ПДКВ повышает давление в правом предсердии, что может увеличивать риск внутрисердечного шунта справа налево, создавая условия для ПВЭ [7, 10]. Основная рекомендация для пациентов этой категории — рутинно не использовать ПДКВ. Также в работе Giebler и соавт. (1998) сообщается, что частота ВВЭ не различалась между пациентами, проходящими обычную вентиляцию, и теми, кто проходит вентиляцию с ПДКВ 10 см водн. ст. [23, 28]. Мы считаем, что, вероятнее всего, ФОО как фактор риска развития ПВЭ не является абсолютным противопоказанием для операций в положении сидя, однако этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Разумный подход, направленный на профилактику осложнений, ассоциированных с ВВЭ при операциях в положении сидя, должен включать наряду с оценкой операционно-анестезиологического риска, обязательный предоперационный скрининг для выявления пациентов с риском ПВЭ. Выполнение ЧпЭхоКГ является обязательным элементом интраоперационного мониторинга [26]. Такой подход позволяет нейрохирургам работать оптимально удобным доступом, безопасно используя все технические преимущества положения сидя.

## Вывод

При оперативных вмешательствах, выполняемых пациентам в положении сидя, частота ВВЭ, регистрируемая с помощью ЧпЭхоКГ, составила 51,5 %, из них клинически значимые эпизоды составили 4,5 %. Предоперационный скрининг пациентов с целью выявления рисков ПВЭ, а также чреспищеводный эхокардиографический мониторинг во время операции представляются обязательными элементами безопасности анестезиологического обеспечения.

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

**Вклад авторов.** Лакотко Р.С., Аверьянов Д.А., Щеголев А.В. — разработка концепции исследования, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи. Авторы уведомляют, что статья содержит результаты исследований, полученные при выполнении кандидатской диссертационной работы.

## ORCID авторов

Лакотко Р.С. — 0000-0003-0941-013X

Аверьянов Д.А. — 0000-0003-4353-4953

Щеголев А.В. — 0000-0001-6431-439X

## Литература/References

- [1] Harrison E.A., Mackersie A., McEwan A., Facer E. The sitting position for neurosurgery in children: a review of 16 years' experience. *Br J Anaesth.* 2002; 88(1): 12–17. DOI:10.1093/bja/88.1.12
- [2] Orliaguet G.A., Hanafi M., Meyer P.G., et al. Is the sitting or the prone position best for surgery for posterior fossa tumours in children? *Paediatr Anaesth.* 2001; 11(5): 541–547. DOI:10.1046/j.1460-9592.2001.00733.x
- [3] Fathi A.-R., Eshtehardi P., Meier B. Patent foramen ovale and neurosurgery in sitting position: a systematic review. *Br J Anaesth.* 2009; 102(5): 588–596. DOI:10.1093/bja/aep063
- [4] Young M.L., Smith D.S., Murtagh F., et al. Comparison of surgical and anesthetic complications in neurosurgical patients experiencing venous air embolism in the sitting position. *Neurosurgery.* 1986; 18(2): 157–161. DOI:10.1227/00006123-198602000-00007
- [5] Matjasko J., Petrozza P., Cohen M., Steinberg P. Anesthesia and Surgery in the Seated Position: Analysis of 554 Cases. *Neurosurgery.* 1985; 17(5): 695–702. DOI:10.1227/00006123-198511000-00001
- [6] Standefer R., et al. The Sitting Position in Neurosurgery: A Retrospective Analysis of 488 Cases. *Neurosurgery.* 1984; 14(6): 649–658. DOI:10.1227/00006123-198406000-00001
- [7] Albin M.S., Carroll R.G., Maroon J.C. Clinical Considerations Concerning Detection of Venous Air Embolism. *Neurosurgery.* 1978; 3(3): 380–384. DOI:10.1227/00006123-197811000-00009

- [8] *Basaldella L., Ortolani V., Corbanese U., et al.* Massive venous air embolism in the semi-sitting position during surgery for a cervical spinal cord tumor: anatomic and surgical pitfalls. *J Clin Neurosci.* 2009; 16(7): 972–975. DOI:10.1016/J.JOCN.2008.10.005
- [9] *Israelyan L.A., Shimanskiy V.N., Otamanov D.A., et al.* Patient positioning on the operating table in neurosurgery: sitting or lying. *Russian journal of Anaesthesiology and Reanimatology.* 2013; 80(2013): 18–26.
- [10] *Palmon S.C., Moore L.E., Lundberg J., Toung T.* Venous air embolism: A review. *J Clin Anesth.* 1997; 9: 251–257. DOI:10.1016/S0952-8180(97)00024-X
- [11] *Jadik S., Wissing H., Friedrich K., et al.* A standardized protocol for the prevention of clinically relevant venous air embolism during neurosurgical interventions in the semisitting position. *Neurosurgery.* 2009; 64(3): 533–539. DOI:10.1227/01.NEU.0000338432.55235.D3
- [12] *Averyanov D.A., Lakotko R.S., Khomenko E.A., Shchegolev A.V.* Patent Foramen Ovale Incidence and Severity in Neurosurgical Patients. *Russian journal of Anaesthesiology and Reanimatology.* 2018; 3: 54–57. DOI:10.17116/anaesthesiology201803154
- [13] *Majd R.E., Kavarana M.N., Bouvette M., Dowling R.D.* Improved Technique to Diagnose a Patent Foramen Ovale During Left Ventricular Assist Device Insertion. *Ann Thorac Surg.* 2006; 82(5): 1917–1918. DOI:10.1016/J.ATHORACSUR.2005.09.030
- [14] *Christin F., Bouffard Y., Rossi R., Delafosse B.* Paradoxical Symptomatic Air Embolism after Saline Contrast Transesophageal Echocardiography. *Echocardiography.* 2007; 24(8): 867–869. DOI:10.1111/j.1540-8175.2007.00489.x
- [15] *Porter J.M., Pidgeon C., Cunningham A.J.* The sitting position in neurosurgery: A critical appraisal. *Br J Anaesth.* 1999; 82(1): 117–128. DOI:10.1093/bja/82.1.117
- [16] *Babichev K.N., Stanishevskiy A.V., Svistov D.V., et al.* Surgical resection of fourth ventricular tumors. Comparison of the efficiency and safety of telovelar and median aperture approaches to the fourth ventricle. *Russian journal of neurosurgery.* 2018; 20(4): 10–19. DOI:10.17650/1683-3295-2018-20-4-10-19
- [17] *Feigl G.C., Decker K., Wurms M., et al.* Neurosurgical procedures in the semisitting position: Evaluation of the risk of paradoxical venous air embolism in patients with a patent foramen ovale. *World Neurosurg.* 2014; 81(1): 159–164. DOI:10.1016/j.wneu.2013.01.003
- [18] *Faberowski L.W., Black S., Mickle J.P.* Incidence of Venous Air Embolism during Craniectomy for Craniosynostosis Repair. *Anesthesiol* *Am Soc Anesthesiol.* 2000; 92(1): 20–20. DOI:10.1097/00006123-199909000-00208
- [19] *Luostarinen T., Lindroos A.-C., Niiya T., et al.* Prone Versus Sitting Position in Neurosurgery - Differences in Patients' Hemodynamic Management. *World Neurosurg.* 2017; 97: 261–266. DOI:10.1016/j.wneu.2016.10.005
- [20] *Lindroos A.-C., Niiya T., Randell T., et al.* Sitting Position for Removal of Pineal Region Lesions: The Helsinki Experience. *World Neurosurg.* 2010; 74(4–5): 505–513. DOI:10.1016/j.wneu.2010.09.026
- [21] *Stendel R., Gramm H.J., Schröder K., et al.* Transcranial doppler ultrasonography as a screening technique for detection of a patent foramen ovale before surgery in the sitting position. *Anesthesiology.* 2000; 93(4): 971–975. DOI:10.1097/00000542-200010000-00016
- [22] *Gale T., Leslie K.* Anaesthesia for neurosurgery in the sitting position. *J Clin Neurosci.* 2004; 11(7): 693–696. DOI:10.1016/j.jocn.2004.05.007
- [23] *Black S., Ockert D.B., Oliver W.C., Cucchiara R.F.* Outcome following posterior fossa craniectomy in patients in the sitting or horizontal positions. *Anesthesiology.* 1988; 69(1): 49–56. DOI:10.1097/00000542-198807000-00008
- [24] *Ammirati M, Lamki T.T., Shaw A.B., et al.* A streamlined protocol for the use of the semi-sitting position in neurosurgery: A report on 48 consecutive procedures. *J Clin Neurosci.* 2013; 20(1): 32–34. DOI:10.1016/j.jocn.2012.05.037
- [25] *Leslie K., Hui R., Kaye A.H.* Venous air embolism and the sitting position: A case series. *J Clin Neurosci.* 2006; 13(4): 419–422. DOI:10.1016/j.jocn.2005.08.007
- [26] *Tobias J.D., Johnson J.O., Jimenez D.F., et al.* Venous Air Embolism during Endoscopic Strip Craniectomy for Repair of Craniosynostosis in Infants. *Anesthesiology.* 2001; 95(2): 340–342. DOI:10.1097/00000542-200108000-00013
- [27] *Ganslandt O., Merkel A., Schmitt H., et al.* The sitting position in neurosurgery: indications, complications and results. a single institution experience of 600 cases. *Acta Neurochir (Wien).* 2013; 155(10): 1887–1893. DOI:10.1007/s00701-013-1822-x
- [28] *Giebler R., Kollenberg B., Pohlen G., Eters J.* Effect of Positive End-Expiratory Pressure on the Incidence of Venous Air Embolism and on the Cardiovascular Response to the Sitting Position During Neurosurgery. *Surv Anesthesiol.* 1998; 42(5): 272. DOI:10.1097/00132586-199810000-00022