

ЛАКОТКО
Роман Сергеевич

**ПРОФИЛАКТИКА ВОЗДУШНОЙ ЭМБОЛИИ У ПАЦИЕНТОВ
НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ, ОПЕРИРУЕМЫХ В ПОЛОЖЕНИИ СИДЯ**

14.01.20 – анестезиология и реаниматология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном военном образовательном учреждении высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

Научный руководитель

доктор медицинских наук, профессор **Щеголев Алексей Валерианович**

Официальные оппоненты:

Солодов Александр Анатольевич – доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра нейрохирургии и нейрореанимации, профессор;

Кондратьев Анатолий Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, НИЛ нейропротекции и нейрометаболических нарушений, руководитель.

Ведущая организация:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» департамента здравоохранения города Москвы.

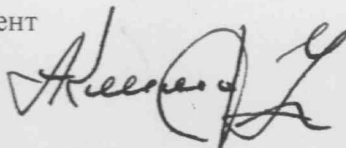
Защита состоится «2» июля 2021 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 215.002.07 на базе ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6).

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке и на официальном сайте ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ

Автореферат разослан « » 202 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор медицинских наук доцент



Климов Алексей Григорьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Венозная воздушная эмболия (ВВЭ) — это опасное осложнение, при котором атмосферный воздух из операционной раны попадает в венозный кровоток [Jadik S., 2009]. Традиционно операциями высокого риска по ВВЭ считают краниотомию в области задней черепной ямы (ЗЧЯ), кесарево сечение, травматологические и лапароскопические операции [Nunes N., 2016]. Для развития ВВЭ существует два необходимых условия: вскрытый сообщающийся с окружающей средой неколлабируемый венозный сосуд и отрицательное давление в нем. В положении сидя отрицательный градиент венозного давления возникает в венозных сосудах, находящихся в зоне хирургического вмешательства выше уровня правого предсердия [Shaikh N., 2009]. Внутрисинусное давление (ВСД) наиболее точно коррелирует с давлением в неколлабируемых венозных сосудах головного мозга. Тем не менее, рутинное его измерение не нашло широкого применения в хирургической практике. Простым и доступным для анестезиолога-реаниматолога (далее – анестезиолог) методом является измерение давления в верхней луковиче яремной вены (ДЛЯВ). Ее катетеризация технически проста, а связь с ВСД очевидна, так как яремная вена является продолжением сигмовидного синуса. По сообщениям ряда исследователей разница ВСД и ДЛЯВ составляет около 1-2 мм рт.ст [Осканова М.Ю., 1995]. Следует отметить, что зависимость частоты и тяжести ВВЭ от ДЛЯВ не исследована, а данные о влиянии на него различных методик профилактики ВВЭ носят недостаточный, либо противоречивый характер.

Массивная ВВЭ сопровождается выраженными нарушениями гемодинамики и вентиляции, проявляющимися гипотонией, гипоксией и гипокапнией. Заполнение воздухом правых камер сердца может привести к асистолии. Большой объем воздуха приводит к воздушному блоку правого желудочка и рефлекторной остановке кровообращения. Из вторичных осложнений наиболее тяжелым является синдром острого повреждения легких. Даже незначительный объем воздуха, попавший в системный кровоток у пациентов с функционирующим овальным окном (ФОО), может привести к парадоксальной воздушной эмболии (ПВЭ) с фатальными последствиями [Himes B., 2016; Mirski M., 2007]. Известно, что основным механизмом ПВЭ является шунтирование крови через ФОО, частота встречаемости которого в общей популяции достигает 27,3% [Hagen P.T., Scholz D.G., 1984]. Диагностика ФОО может варьировать в зависимости от ассоциированного состояния или заболевания и не изучено у пациентов нейрохирургического профиля.

Оперативные вмешательства, выполняемые в положении сидя, имеют больший риск развития ВВЭ с частотой около 10% при ламинэктомии шейного отдела позвоночника и с частотой до 80% при операциях на ЗЧЯ. Краниотомии в положении лежа также сопряжены с риском развития ВВЭ. Так, нейрохирургические операции, выполняемые в положении пациента

на спине с поворотом головы, на боку и лицом вниз, имеют частоту ВВЭ от 15% до 25% [Leslie H., 2006; Palmon S., 1997; Sale J., 1984]. По результатам ряда исследований, частота тяжелой ВВЭ в положении сидя описана в диапазоне от 1% до 6% [Choque-Velasquez, 2018; Duke D., 1998; Harrison E., 2002; Matjasko K., 1985; Young L., 1986]. Тем не менее, положение сидя обладает рядом уникальных преимуществ. Хороший обзор операционного поля, облегчает ориентацию хирурга в ране, особенно при доступе к срединным структурам. Меньшая кровоточивость, хороший дренаж крови и ликвора, уменьшающие потребность частого использования аспиратора, а также лучший гемостаз являются неоспоримыми преимуществами такого позиционирования для хирурга [Black S., 1988; Gracia H., 2014]. Именно за счет этих преимуществ, данное положение нашло широкое применение в нейрохирургии ЗЧЯ. Однако, опасения по поводу высоких рисков осложнений способствовали снижению частоты применения положения сидя, препятствуя в том числе приобретению навыков его использования операционно-анестезиологическими бригадами.

Современные технологии мониторинга и ранней диагностики ВВЭ могут значительно повысить безопасность нейрохирургических операций [Bhatia S., 2015; Leslie, H.K., 2006; Mojadidi S., 2014; Mügge A., 2000; Rodrigues L., 2013]. Это подтверждается рядом исследований, которые убедительно показали снижение количества осложнений, особенно ВВЭ, по сравнению с более ранними сообщениями [Hooper D., 2009; Ingelmo J., 2012; Palmon L., 1997; Shaikh U., 2009]. Разработка протоколов ведения нейрохирургических операций в положении сидя с использованием чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭХО), как наиболее корректного метода диагностики ВВЭ и ПВЭ, является важным условием повышения безопасности пациентов [Терехов И.С., 2017]. Эффективная профилактика ВВЭ, направленная в первую очередь на устранение факторов ее возникновения, является актуальной проблемой современной анестезиологии.

Степень разработанности темы исследования. Несмотря на сохраняющуюся полемику о возможности оперировать сидя, обсуждение этой темы, должно носить мультидисциплинарный подход, при котором хирург и анестезиолог совместно принимают взвешенное решение, учитывая технические преимущества и потенциальные риски [Израелян Л.А., 2013; Lindroos G., 2010; Luostarinen H., 2017; Winn F., 2017]. Тем не менее, проблема ВВЭ при операциях на голове и шее в положении сидя на сегодняшний день остается нерешенной. Остается открытым вопрос определения показаний и выбора методики для рутинной диагностики ФОО при подготовке пациента к операции в положении сидя. Высокая вариабельность методик, направленных на профилактику и лечение ВВЭ, применяемых в разных стационарах, свидетельствует об отсутствии общепринятого протокола предоперационной подготовки и оптимальных критериев ведения пациентов во время операции в этом положении. В доступной литературе нет единого

мнения по оценке эффективности воздействия на ДЛЖВ факторов положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) и умеренной гиповентиляции. Большое количество пациентов, оперируемых в области ЗЧЯ и верхнем шейном отделе позвоночника, а также предпочтение хирургов оперировать в положении сидя, побудило нас предпринять настоящее исследование.

Цель исследования – повысить безопасность анестезиологического обеспечения у пациентов нейрохирургического профиля, оперируемых в положении сидя, путем разработки и внедрения в практику протокола профилактики венозной воздушной эмболии.

Задачи исследования:

1. Определить встречаемость и размер функционирующего овального окна у пациентов, оперируемых в плановом порядке по поводу нейрохирургической патологии.
2. Изучить влияние факторов положительного давления в конце выдоха и умеренной гиповентиляции на давление в луковиче яремной вены при операциях в положении сидя.
3. Оценить влияние ориентированного на использование чреспищеводной эхокардиографии протокола ведения взрослых пациентов при плановых нейрохирургических вмешательствах в положении сидя на частоту и тяжесть воздушной эмболии.

Научная новизна. Впервые исследована встречаемость и выраженность функционирующего овального окна у пациентов с плановой нейрохирургической патологией с помощью контрастной чреспищеводной эхокардиографии с проведением пробы Вальсальвы, доказана высокая диагностическая ценность этого метода.

Впервые выявлено, что в 25% случаев наличие выраженного функционирующего овального окна является противопоказанием для применения положительного давления в конце выдоха, а в 12,5% случаев противопоказанием для операций в положении сидя.

Получены новые данные о зависимости частоты и тяжести воздушной эмболии от значений давления в луковиче яремной вены в положении сидя. Доказано, что при давлении в луковиче яремной вены в положении сидя выше 1 мм рт. ст. клинически значимая воздушная эмболия не возникает.

Исследована эффективность влияния факторов положительного давления в конце выдоха и гиповентиляции на давление в луковиче яремной вены у пациентов в положении сидя, как методов профилактики воздушной эмболии.

Теоретическая и практическая значимость работы. Данные, полученные в результате проведенного исследования, позволили внедрить в повседневную практику клиники нейрохирургии новые подходы к анестезиологическому обеспечению и тактике проведения нейрохирургических операций пациентам в положении сидя. Повышено качество и безопасность анестезиологического обеспечения оперативных вмешательств в области задней черепной ямы, верхнешейном отделе позвоночника и пинеальной области за счет оценки рисков, ранней

диагностики воздушной эмболии путем рутинного применения протокола ведения пациентов в положении сидя. Полученные данные позволили операционно-анестезиологической бригаде определять тактику предоперационной оценки риска воздушной эмболии во время операции.

С целью оценки риска развития воздушной эмболии и контроля эффективности профилактических мероприятий для его устранения в практику клиники нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, отделений нейрохирургии главного и центральных госпиталей внедрен мониторинг давления в луковиче яремной вены во время операции. Обучение действиям в рамках разработанного протокола введено в подготовку клинических ординаторов по специальности анестезиология и реаниматология, и нейрохирургия. Практическое применение протокола позволило повысить безопасность плановых операций в положении сидя и может быть рекомендовано к использованию в центральных госпиталях и нейрохирургических центрах.

Методология и методы исследования. Методологическая основа диссертации состоит из обзора литературных источников по данной теме, постановки цели и задач работы, разработки дизайна и протокола исследования, сбора, статистической обработки и обобщения материалов, формулировки выводов и практических рекомендаций.

Работа выполнена в соответствии с принципами последовательного применения метода научного познания и включила в себя планирование, анализ информационных источников, сбор и формирование базы данных, их статистическую обработку, анализ и обобщение полученных результатов с формулированием выводов. Объектом ретроспективной части исследования явился анализ 85 историй пациентов, оперированных в положении сидя. Объектом проспективного этапа работы стали 75 пациентов, которым было выполнено нейрохирургическое оперативное вмешательство в положении сидя.

Положения, выносимые на защиту:

1. Высокая распространенность функционирующего овального окна недооценена и требует диагностики перед плановыми оперативными вмешательствами у пациентов в положении сидя для исключения риска парадоксальной воздушной эмболии.
2. Совместное воздействие факторов положительного давления в конце вдоха и гиповентиляции повышают давление в луковиче яремной вены.
3. Применение ориентированного на использование чреспищеводной эхокардиографии протокола ведения взрослых пациентов в положении сидя при плановых нейрохирургических вмешательствах, позволяет снизить частоту клинически значимой воздушной эмболии.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования определяется репрезентативностью и достаточным объемом выборки,

корректностью методов исследования и статистической обработки данных. Все этапы работы были проведены на сертифицированном оборудовании.

Результаты работы были доложены на 599, 609 и 617 заседаниях научно-практического Общества анестезиологов и реаниматологов Санкт-Петербурга, 2017, 2018, 2019 гг.; Юбилейной научно-образовательной конференции «Современные проблемы и инновационные технологии в анестезиологии и реаниматологии» (Санкт-Петербург, 2017); Научно-образовательной конференции «Актуальные вопросы и инновационные технологии в анестезиологии и реаниматологии» (Санкт-Петербург, 2018); XIII Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы диагностики и лечения в многопрофильном лечебном учреждении» (Санкт-Петербург, 2018); Всероссийском конгрессе с международным участием «Актуальные вопросы медицины критических состояний» (Санкт-Петербург, 2018); XIV Всероссийском съезде Федерации анестезиологов и реаниматологов (Санкт-Петербург 2018); III Конгрессе военных анестезиологов-реаниматологов, (Санкт-Петербург, 2018); II Всероссийском конгрессе с международным участием «Актуальные вопросы медицины критических состояний» (Санкт-Петербург, 2019).

Диссертационная работа обсуждена на межкафедральном совещании кафедр военной анестезиологии и реаниматологии, нейрохирургии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ протокол № 11 от 19 апреля 2019 г.

Личный вклад автора в выполнение диссертационного исследования. На основании проведенного анализа научной литературы автор сформулировал актуальность исследования. Лично автором был выполнен сбор и ретроспективный анализ информации по 85 историям болезни пациентов, оперированных в положении сидя в период с 2013 по 2016 гг. Автор принял непосредственное участие в предоперационном обследовании 75 пациентов, в проведении им анестезиологического обеспечения нейрохирургических оперативных вмешательств, послеоперационной терапии и наблюдении. Автор самостоятельно выполнил сбор, запись, статистическую обработку данных, провел анализ и обобщение полученных результатов, сформулировал выводы. Полученные результаты и выводы были подготовлены к публикации в научных изданиях и доложены на научных конференциях.

По теме исследования опубликовано 6 статей, из них 5 в рецензируемых научных журналах входящих в перечень ВАК. Печатные работы содержат основные положения, результаты и выводы диссертации.

Объем и структура диссертации. Содержание диссертационной работы состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Библиографический указатель состоит из 17 отечественных и 154 зарубежных источников.

Диссертация изложена на 96 страницах машинописного текста и включает 10 таблиц и 12 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в два этапа, для чего было сформировано две группы. В первую вошли материалы историй болезни пациентов ($n=85$), оперированных в клинике нейрохирургии в положении сидя с октября 2013 г. по март 2016 г. Диагностическим критерием ВВЭ считали снижение $etCO_2$ при неизменной минутной вентиляции пациента более 3 мм рт. ст., с или без изменений других показателей газообмена и гемодинамики. Во вторую группу проспективно было включено 75 пациентов, оперированных в плановом порядке в положении сидя в период с октября 2016 г. по май 2019 г.

С целью измерения иАДср и АДсист под ультразвуковой навигацией катетеризировали одну из лучевых артерий. Калибровку датчика проводили на уровне флебостатической оси. После приведения пациента в положение сидя, датчик фиксировали на уровне наружного слухового прохода и повторно калибровали. Целевыми цифрами АД во время операции считали иАДср = 65 мм рт. ст. или АДсист = 100 мм рт. ст. С целью снижения вероятности формирования внутрисердечного градиента справа-налево и гемодинамической нестабильности при усадке пациента проводили инфузию раствора натрия хлорида 0,9% (1000 мл) и плазмозамещающего раствора на основе желатина 4% (500 мл).

Для мониторинга ДЛЯВ и контроля эффективности ручной двусторонней компрессии яремных вен, применяемой для купирования возникшей ВВЭ, под ультразвуковой навигацией катетеризировали верхнюю луковичу внутренней яремной вены. Датчик инвазивного измерения ДЛЯВ устанавливали и калибровали на уровне наружного слухового прохода. Для измерения ЦВД выполняли пункцию внутренней яремной вены под ультразвуковой навигацией и заводили катетер в полость правого предсердия.

Первой контрольной точкой мониторинга гемодинамики являлись стабильные значения иАДср, ДПП, ДЛЯВ в положении лежа. Вторая контрольная точка: устойчивые показатели иАДср, ДПП, ДЛЯВ в положении сидя. Для определения динамики ДЛЯВ до и после приведения пациента в положение сидя фиксировали его показатели. Стабильным считали состояние, при котором в течение 2 мин наблюдения отсутствовал очевидный тренд на повышение или понижение ДЛЯВ, иАДср, ДПП, ЧСС, $etCO_2$, SpO_2 , а их флюктуации либо отсутствовали, либо были незначительными (не более 2 мм рт. ст. для иАДср; 1 мм рт. ст. для ДЛЯВ, ДПП и $etCO_2$; 2 уд./с для ЧСС; 1% для SpO_2).

Пациенты проспективной группы были разделены на две подгруппы. В первую подгруппу были определены больные, у которых в положении сидя ДЛЯВ было выше или равно 1 см

водн. ст. Их мы считали ДЛЯВ-позитивными, у которых риск развития ВВЭ предположительно минимальный. Во вторую подгруппу были включены пациенты с ДЛЯВ равным или меньше 0 см водн. ст., у которых потенциальный риск ВВЭ высок. Их считали ДЛЯВ-негативными. Пациентам второй подгруппы проводили ДЛЯВ ориентированную терапию, целью которой было повысить значение ДЛЯВ. Для определения влияния факторов ПДКВ и etCO_2 на ДЛЯВ выполняли три серии измерений.

В первой серии измеряли стабильные значения ДЛЯВ, ЦВД, и АД при ПДКВ 15 см водн. ст. Во второй серии измерений фиксировали стабильные значения ДЛЯВ, ЦВД, и АДср при etCO_2 45 мм рт. ст. В третьей серии стабильные значения ДЛЯВ, ЦВД, и АДср измеряли при фоновом etCO_2 45 мм рт. ст. и ПДКВ 15 см водн. ст. Пробу с ПДКВ у лиц с диагностированным ФОО по соображениям безопасности не проводили.

До усадки пациенту в пищевод устанавливали датчик для ЧПЭХО и проводили исследование, основной целью которого было обнаружение ранее не выявленной тяжелой патологии сердца и шунтирования крови справа-налево. Для диагностики наличия и выраженности ФОО проводили пробу Вальсальвы с введением в периферический венозный катетер ажитированного физиологического раствора в соответствии с разработанной ранее методикой [Аверьянов Д.А., 2018]. С диагностической целью в положении пациента на спине после индукции анестезии и интубации трахеи выполняли ЧПЭХО с «пузырьковой» пробой. Диагностику ФОО осуществляли в модифицированной бикавальной проекции, индивидуально адаптированной у каждого пациента для оптимальной визуализации овальной ямки в месте сочленения первичной и вторичной перегородок. На первом этапе диагностики ажитированный раствор вводили внутривенно болюсно, не изменяя настройки ИВЛ наркозно-дыхательного аппарата (ПДКВ 0 см водн. ст.), таким образом жидкость приводила к полной опасификации правого предсердия и в отсутствии условий для шунтирования крови не должна проникать в левое предсердие, что представлено в результатах исследования. При отсутствии шунтирования пузырьков справа-налево выполняли второй этап диагностики ФОО, при котором введение ажитированного раствора повторяли при сбросе ПДКВ и выполнении маневра Вальсальвы. О результате диагностики информировали хирургическую бригаду. В дальнейшем ЧПЭХО в бикавальной проекции использовали для интраоперационной диагностики ВВЭ и ПВЭ. В данной группе анализировали встречаемость и выраженность ФОО, а также влияние количества эпизодов ВВЭ за наблюдение на ее максимальную тяжесть во время операции. Значительным считали шунтирование справа-налево при появлении более 10 микропузырьков воздуха в фрейме в левом предсердии в течение 3–6 сердечных циклов после сброса клапана APL во время внутривенного введения ажитированного раствора с пробой Вальсальвы.

Главной частью разработанного протокола безопасности являются меры по профилактике, диагностике, а также лечению ВВЭ. По схеме протокола пациенту при поступлении в операционную обеспечивали следующий мониторинг: ЭКГ в трех отведениях, пульсоксиметрия. Во время операции поддерживали целевые цифры $\text{иАДср} = 65 \text{ мм рт. ст.}$ С целью профилактики гипотонии, применяли при необходимости инфузию норадреналина. После интубации трахеи проводили ИВЛ в режиме непрерывной принудительной вентиляции с параметрами, обеспечивающими постоянную etCO_2 на уровне 40 мм рт. ст. С целью непрерывного мониторинга ДЛЯВ и контроля эффективности двусторонней ручной компрессии яремных вен при купировании ВВЭ, под ультразвуковым контролем катетеризировали луковичку внутренней яремной вены центральным венозным катетером 16 G. Датчик инвазивного измерения давления устанавливали и калибровали на уровне наружного слухового прохода. Катетеризировали мочевой пузырь для контроля диуреза. Наиболее опасным периодом операции с точки зрения развития ВВЭ считали хирургический доступ с момента разреза кожи и до вскрытия твердой мозговой оболочки. На этапе хирургического доступа по требованию хирурга или при развитии ВВЭ в ходе операции, выполняли прием двусторонней ручной компрессии яремных вен. Эффективность этого маневра контролировали по датчику в луковичке яремной вены. При этом немедленно сообщали хирургу, который приступал к поиску и устранению источника поступления воздуха. При снижении показателей насыщения гемоглобина кислородом увеличивали фракцию кислорода на вдохе до 100%. При неэффективности перечисленных мероприятий увеличивали угол наклона операционного стола для уменьшения градиента сердце – операционная рана. Первичной конечной точкой для оценки эффективности применения протокола считали снижение частоты клинически значимой ВВЭ в проспективной группе в сравнении с ретроспективной. Клинически значимой считали ВВЭ с градацией по шкале Тюбинген 3–5 [Feigl G., 2014]. В послеоперационном периоде в фиксировали любые осложнения, связанные с использованным во время операции положением пациента на столе.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью статистического языка программирования R версия 3.5.1 (программная среда Rstudio версия 1.1). Количественные данные с нормальным распределением представляли в виде среднего, стандартного отклонения и размаха. Тестирование гипотезы на нормальность распределения проводили с помощью графического (гистограмма и квантильная диаграмма) и критериального (тест Шапиро-Уилка) способов. Количественные данные с распределением, отличающимся от нормального и качественные ранговые данные представлены в виде медианы и квартилей, номинальные в виде частоты и, в некоторых случаях, 95% доверительного интервалов (точный метод Клоппера-Пирсона). Для выявления связи между частотой ВВЭ в наблюдении, и ее максимальной тяжестью применяли тест линейно-линейной ассоциации (linear-by-linear

association test) с оценкой силы связи критерием Сомерс Дельта (Somers D), где тяжесть ВВЭ выступала в качестве зависимой переменной. Уровнем значимости, при котором нулевую гипотезу об отсутствии различий в группах отвергали, считали значение 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ частоты встречаемости и выраженности функционирующего овального окна у пациентов нейрохирургического профиля. При анализе результатов диагностики ФОО у 8 пациентов «пузырьковую» пробу сочли неудовлетворительной: у 5 вследствие недостаточного контрастирования полости правого предсердия и у 3 из-за отсутствия прогиба овальной ямки в левые отделы при сбросе ПДКВ. Таким образом, дальнейшему анализу подвергли 67 человек. До начала оперативного вмешательства у 65% (95% ДИ 52–73) пациентов было выявлено ФОО.

Следует отметить, что значительное шунтирование регистрировали у 25% (95% ДИ 16–35) исследуемых пациентов. В 12,5% (95% ДИ 6–21) наблюдений большое ФОО было обнаружено без проведения пробы Вальсальвы, а значит, шунтирование справа налево существовало без функциональной пробы. Данные представлены в виде частоты и 95% доверительного интервала или медианы и квартилей. С помощью режима цветового доплера без пробы Вальсальвы ФОО удалось выявить только в 7% случаев, что вероятно свидетельствует о низкой чувствительности метода. Высокий процент диагностики ФОО с помощью контрастной ЧПЭХО с пробой Вальсальвы, вероятно, свидетельствует о том, что эта методика позволила выявить случаи, когда в условиях появления градиента давлений справа-налево, овальное окно, в обычных условиях нефункционирующее, становится открытым.

Клиническая апробация ориентированного на использование чреспищеводной эхокардиографии протокола ведения пациентов в положении сидя. При ретроспективном анализе 85 историй болезни пациентов, оперированных в положении сидя, общая частота клинически значимой ВВЭ составила 23,5% (95% ДИ 15–34). Очевидно, что общая частота нерегистрируемых эпизодов ВВЭ, прошедших без клинических проявлений, была выше. В проспективной группе во время операции у 51% (95% ДИ 38–62) пациентов была зарегистрирована ВВЭ, в то время, как клинически значимая ВВЭ составила 6,7% (95% ДИ 2,3–15,8). Отличия представленного протокола от совокупности методик диагностики и профилактики осложнений, присущих положению сидя и, прежде всего, ВВЭ этих авторов носят, на наш взгляд, несущественный характер. Частота же клинически значимых ВВЭ в описательных исследованиях нейрохирургических центров, где основным методом диагностики ВВЭ у оперированных на головном мозге взрослых пациентов были прекардиальный доплер или etCO₂ составляет более 20%, что соответствует данным диагностики ВВЭ в ретроспективной группе. Сравнение различных подходов профилактики ВВЭ представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение методик ведения пациентов в положении сидя

Отличительная черта методик профилактики	Использованный протокол, 2019	Jadik S., 2009	Choque-Velasquez J., 2018	Ammirati M., 2013	Dilmen O.K., 2011
Диагностика ФОО до/после индукции:	–/+	+/-	–/–	–/+	–/–
ТКДГ	–	–	–	–	–
ТТЭ	–	–	–	–	–
ЧПЭХО	+	+	–	+	–
С пробой Вальсальвы	+	+	–	–	–
Модифицированное положение сидя*	+	+	–	+	–
Инвазивный мониторинг АД на уровне наружного слухового прохода (проекция отверстия Монро)	+	н/д	+	н/д	+
Целевые АД (АДср > 60 мм рт. ст. и/или АДсис > 100 мм рт. ст.)	+	н/д	+	н/д	н/д
ЦВК одно-/многопросветный (Bunegin-Albin)	–/–	+/-	–/–	+/-	+/-
Мониторинг ДЛЯВ	+	–	–	–	–
Мониторинг ССВП и МВП	–	+	–	–	–
Преинфузия коллоидными и/или кристаллоидными растворами	+	н/д	+	н/д	+
Противоперегрузочные (или противошоковые) штаны	–	–	+	–	–
Гиперкапния $etCO_2 = 45$ мм рт. ст.	+	–	–	+	–
ПДКВ ≥ 5 см водн. ст.	–	+	–	+	+
– Детекция ВВЭ:					
– ЧПЭХО	+	+	–	–	–
Прекордиальный доплер	–	–	+	+	–
Клинически значимая ВВЭ, % (95 % ДИ)	6,7 (2,3–15,8)**	1,6 (0,3–4,6)**	28,5 (17,3–42,2)***	26,8 (14,2–42,9)***	20,4 (17,3–23,9)***

Примечание: Методики, направленные на профилактику и диагностику возможных осложнений положения сидя на операционном столе и частота клинически значимых ВВЭ (снижение $etCO_2 > 3-5$ мм рт. ст.) у взрослых пациентов, оперированных по поводу патологии головного мозга в положении сидя в различных нейрохирургических центрах. ФОО – функционирующее овальное окно, ТКДГ – транскраниальная доплерография, ТТЭ – трансторакальная эхокардиография, ЧПЭХО – чреспищеводная эхокардиография, АД – артериальное давление, ЦВК – центральный венозный катетер, ЦВД – центральное венозное давление, ВВЭ – венозная воздушная эмболия, ДЛЯВ – давление в верхней луковиче яремной вены, ССВП – соматосенсорные вызванные потенциалы, МВП – моторные вызванные потенциалы, $etCO_2$ – парциальное давление углекислого газа в конце выдоха, АДср – среднее артериальное давление, АДсис – систолическое артериальное давление, ПДКВ – положительное давление в конце выдоха, ДИ – доверительный интервал (точный метод Клоппера-Пирсона), н/д – нет

данных. *Нижние конечности пациента запрокинуты выше уровне сердца, ** - порог диагностики ВВЭ $etCO_2 > 3$ мм рт. ст., *** - порог диагностики ВВЭ $etCO_2 > 5$ мм рт. ст.

При изучении влияния, ориентированного на использование ЧПЭХО протокола ведения взрослых пациентов в положении сидя при плановых нейрохирургических вмешательствах на частоту клинически значимой ВВЭ, нами было обнаружено, что использование стандартизированного подхода позволило снизить частоту клинически значимой ВВЭ на 16,8% по сравнению с результатами регистрации ВВЭ в ретроспективной группе (хи-квадрат = 7,619, $df = 1$, $p = 0,005$). Данный факт может свидетельствовать о его положительном влиянии на безопасность пациентов при операциях в положении сидя.

Очевидно, что именно от общего объема воздуха, попадающего в легочный кровоток, зависит появление дыхательных и гемодинамических расстройств (то есть клиническая значимость) и степень их выраженности в частности (грация по шкале Тюбинге от 3 до 5). Таким образом, можно предположить, что на клиническую значимость ВВЭ может влиять частота и длительность эпизодов поступления воздуха в легочный кровоток. Данный факт был подтвержден в проведенном исследовании при обнаружении достоверной связи умеренной силы между максимальной тяжестью ВВЭ и количеством эпизодов за наблюдение. До сих пор эта связь в доступной литературе исследована не была, в связи с чем полученные нами данные можно считать новыми. В проспективной группе во время операции у 51% (95% ДИ 38–62) пациентов была диагностирована ВВЭ. Грация тяжести ВВЭ по шкале Тюбинген представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Грация тяжести эпизодов ВВЭ в проспективной группе по шкале Тюбинген

Выраженность ВВЭ	Количество пациентов, n (%)
– Тюбинген I	26 (34,7)
– Тюбинген II	8 (10,7)
– Тюбинген III*	3 (4)
– Тюбинген IV*	1(1,3)
– Тюбинген V*	0

Примечание: * – клинически значимые проявления ВВЭ.

Количество эпизодов ВВЭ за операцию может быть более одного. Так, в проведенном исследовании у более, чем 51% пациентов с ВВЭ число эпизодов регистрации воздуха в правом предсердии было больше одного с максимальным количеством 14 таких эпизодов за операцию (Рисунок 1). Следует отметить, что клинически значимая ВВЭ была лишь в 6,7% (95% ДИ 2,3–15,8) наблюдений. В 16 случаях количество эпизодов ВВЭ было более одного. Причем число

эпизодов ВВЭ в наблюдении было достоверно связано с максимальной ее тяжестью ($Z = 4,11$; $p < 0,001$).

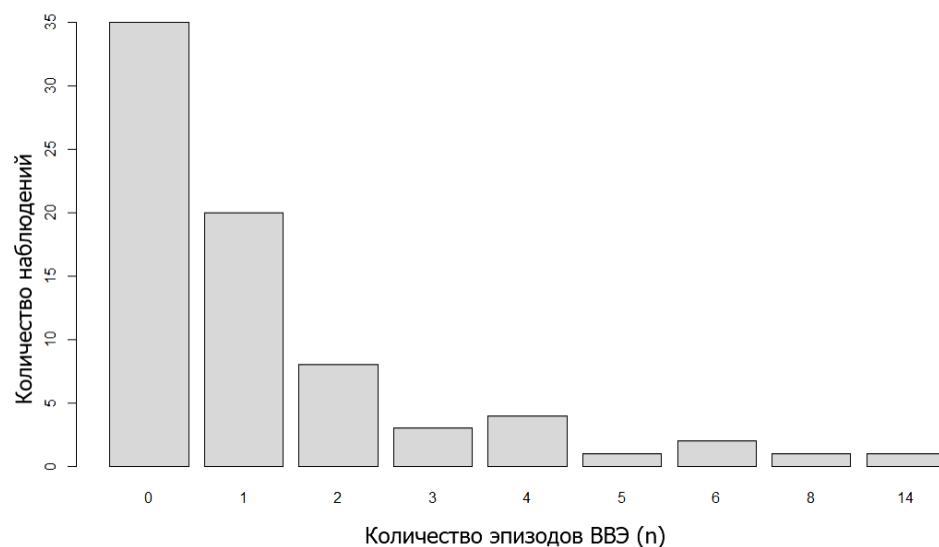


Рисунок 1 – Гистограмма распределения количества эпизодов венозной воздушной эмболии

Распределение тяжести и частоты эпизодов ВВЭ представлена на рисунке 2. Между ними определена связь умеренной силы (Somers Delta = 0,43; 95% ДИ 0,17–0,7).

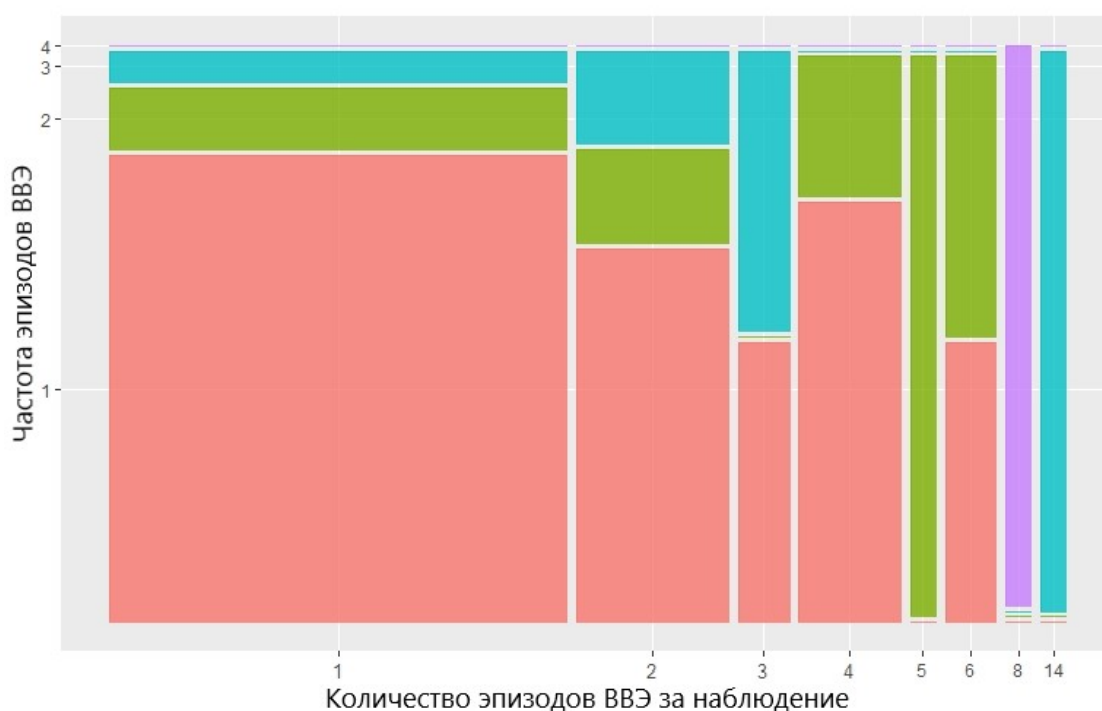


Рисунок 2 – Распределение частоты тяжести и количества эпизодов ВВЭ за наблюдение

Примечание: Тяжесть ВВЭ по шкале Тюбинген представлена в цвете:



Все случаи ВВЭ были успешно купированы в рамках описанного протокола. Регистрации ПВЭ в серии наблюдений проспективного исследования выявлено не было. Таким образом,

применение ориентированного на использование ЧПЭХО протокола ведения взрослых пациентов в положении сидя при плановых нейрохирургических вмешательствах, позволило на 16,8% снизить частоту клинически значимой ВВЭ.

Динамика изменения давления в луковиче яремной вены при переводе пациента в положение сидя. В проспективной группе у пациентов в положении лежа ДЛЯВ составило 5 (3; 7) мм рт. ст. У 69 (92%; 95% ДИ 83–97) пациентов при этом оно было выше нуля. Перевод в положение сидя сопровождался достоверным снижением ДЛЯВ в среднем на 8 мм рт. ст. ($W = 2137,5$; $p < 0,001$) и составило -3 (-5; -1) мм рт. ст. Полученные результаты динамики ДЛЯВ представлены на рисунке 3. После усадки положительное ДЛЯВ сохранилось лишь у 19 (25,3%; 95% ДИ 8,6–27,8) человек. Данные пациенты были исключены из дальнейшего анализа влияния на ДЛЯВ факторов ДПП, ПДКВ и вентиляции.

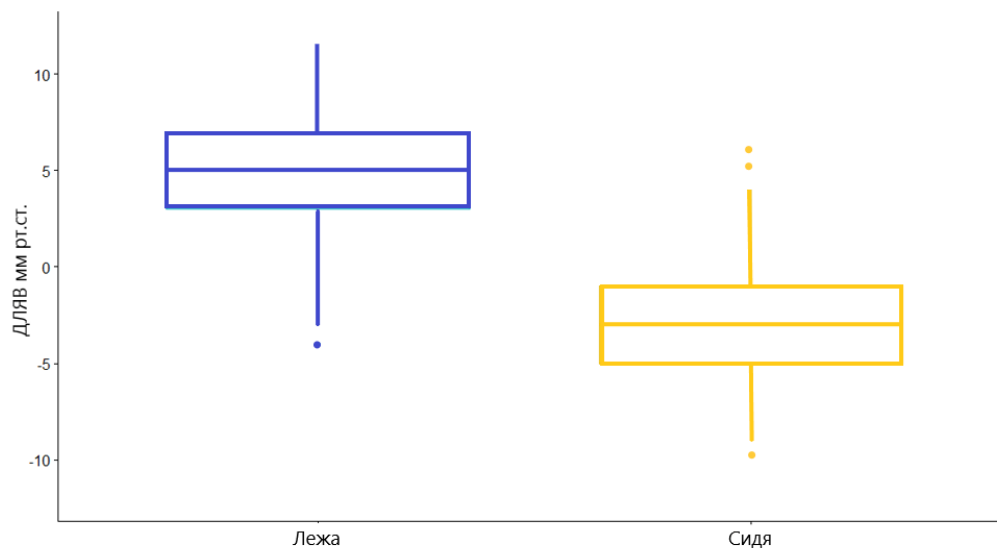


Рисунок 3 – Динамика ДЛЯВ у пациентов в положении лежа и сидя

ДПП у пациентов в положении лежа составило 4 (2; 4) мм рт. ст., сидя регистрировали на уровне -3 (-5; 1) мм рт. ст. Изменение ДПП в связи со сменой положения пациента на операционном столе были достоверны ($V = 1778$; $p < 0,001$). Тем не менее, корреляционной связи между ДПП и ДЛЯВ как в положении лежа ($Z = -0,082$; $p = 0,934$), так и в положении сидя ($Z = 1,227$; $p = 0,219$) выявлено не было. Мониторинг ДЛЯВ позволял контролировать степень компрессии яремных при необходимости ее выполнения. С его помощью анестезиолог мог плавно добиваться положительного ВСД при эпизодах ВВЭ. Оперирующий хирург по визуальной оценке операционного поля определял степень необходимой компрессии. В процессе работы экспериментально пришли к выводу, что при выполнении компрессии необходимо ориентироваться на ДЛЯВ, эффективный и безопасный диапазон которого должен быть в пределах от 5 до 11 мм рт. ст., что является новыми данными.

Корреляция давления в луковиче яремной вены в положении сидя с частотой и тяжестью воздушной эмболии. В настоящем исследовании в проспективной группе частота встречаемости ВВЭ составила 51% (95% ДИ 38–62). Для оценки влияния ДЛЯВ на тяжесть ВВЭ пациенты были разделены на две подгруппы: подгруппа 1 – с ДЛЯВ, равным или больше 1 мм рт. ст. и подгруппа 2 – со значением ДЛЯВ, равным или меньше 0 мм рт. ст.

Тяжесть ВВЭ в подгруппе №1 с ДЛЯВ ≥ 1 мм рт. ст. составила 0 (0; 0) и достоверно отличалась от тяжести ВВЭ в подгруппе №2 с ДЛЯВ ≤ 1 мм рт. ст., что составило – 1 (1; 0) ($Z = 2,47$, $p = 0,015$). Так в подгруппе №1 только 3 (15,8%; 95% ДИ 2,2–51,7) пациента перенесли ВВЭ, градация тяжести по шкале Тюбинген у которых составила 1. Тогда как во второй подгруппе, ВВЭ была выявлена у 35 пациентов (62,5%; 95% ДИ 43–72). Разница в частоте развития ВВЭ в группах была достоверна (хи-квадрат = 4,37; $df = 1$; $p = 0,036$). Градация ВВЭ по тяжести представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Тяжесть ВВЭ в зависимости от ДЛЯВ

Степень тяжести ВВЭ	Подгруппа № 1, (ДЛЯВ ≥ 1), n	Подгруппа № 2, (ДЛЯВ ≤ 0), n
Тюбинген 0	16	21
Тюбинген 1	3	23
Тюбинген 2	0	8
Тюбинген 3	0	3
Тюбинген 4	0	1
Тюбинген 5	0	0
Всего:	19	56

Анализ влияния некоторых параметров вентиляции на давление в луковиче яремной вены. В представленном исследовании при сравнении ДЛЯВ до и после изолированного изменения ПДКВ достоверных различий изменения ДЛЯВ не выявлено ($Z = -0,978$; $p = 0,396$). Также значимой разницы в динамике ДЛЯВ не было и при изолированном изменении вентиляции с $etCO_2 = 45$ мм рт. ст. ($Z = -1,332$, $p = 0,231$). Полученный результат вероятнее всего можно объяснить высокой емкостью буферных систем. При одновременном изменении вентиляции и повышении ПДКВ, ДЛЯВ достоверно увеличилось в среднем на 1 мм рт. ст. ($Z = -2,104$; $p = 0,042$), при этом лишь в одном наблюдении (1,8%; 95% ДИ 0,04–9,7) ДЛЯВ превысил нулевое значение (Рисунок 4).

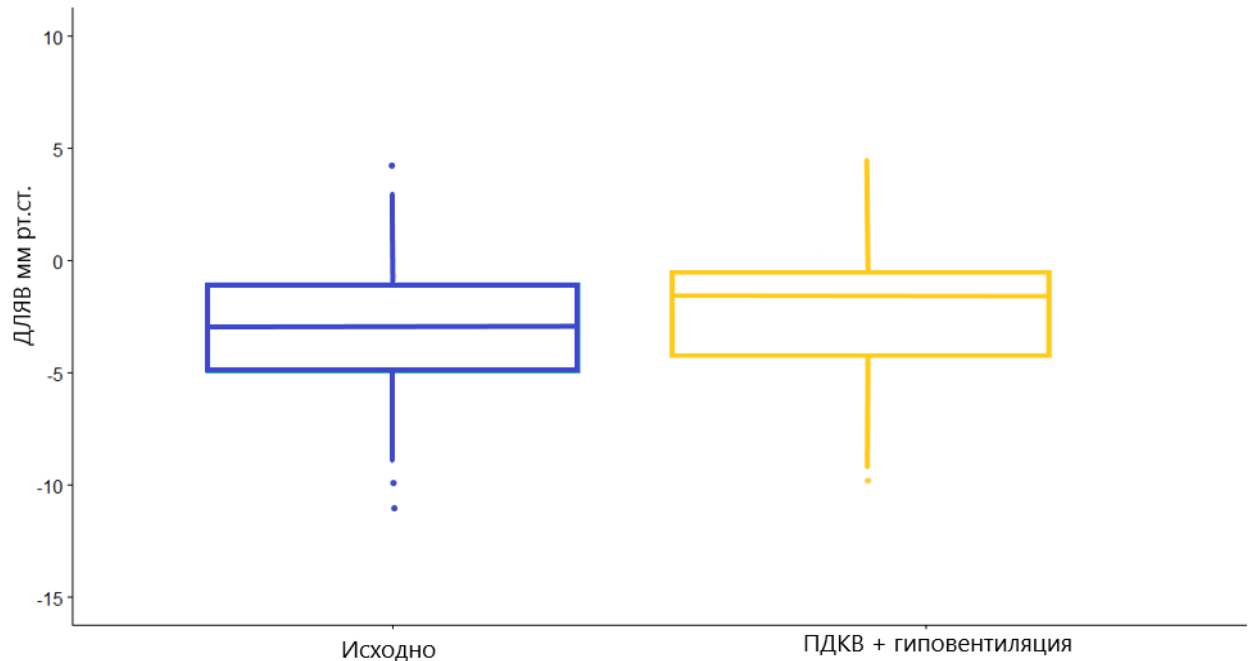


Рисунок 4 – Динамика ДЛЖВ у пациентов в положении сидя до и после воздействия двух факторов: ПДКВ 15 см водн. ст. и гиповентиляции с $\text{etCO}_2 = 45$ мм рт. ст.

Несмотря на то, что изолированное использование данного метода в данной работе не привело к значимому повышению ДЛЖВ, совместное применение ПДКВ и изменение вентиляции привело хоть и к незначительному, но достоверному повышению ДЛЖВ. В полной мере судить об эффективности такого подхода, тем не менее, не представляется возможным, так как лишь в одном наблюдении ДЛЖВ превысило 0 мм рт. ст.

В результате проведенного анализа следует отметить, что у пациентов в положении сидя статистически значимая связь между ЦВД и ДЛЖВ не обнаружена. В то же время доказано, что формирующееся при переводе пациента в положение сидя отрицательное ДЛЖВ сопровождается достоверным увеличением частоты и тяжести ВВЭ. Таким образом, рутинный мониторинг показателей ВВЭ может сориентировать анестезиолога относительно возможного риска воздушно-эмболических осложнений во время операции.

Проведенное исследование указывает на то, что, по всей видимости, изолированное применение какого-либо одного метода борьбы с гравитационным градиентом, неизбежно возникающим у пациентов в положении сидя, в частности ПДКВ и изменение вентиляции, не будет иметь успеха. Напротив, комбинация этих методов с учетом возможных негативных последствий конкретной методики может являться эффективным методом профилактики ВВЭ и требует дальнейшего изучения.

Анализ послеоперационных осложнений. В послеоперационном периоде ни у кого из пациентов в проспективной группе не был выявлен неврологический дефицит или

кардиопульмональные осложнения, связанные с положением сидя. В обеих группах у всех пациентов при проведении контрольной томографии обнаружили пневмоцефалию, которая не нуждалась в хирургическом лечении. Характеристика послеоперационных осложнений отражена в таблице 4. Следует отметить, что в проспективной группе у одного пациента в послеоперационном периоде была отмечена невропатия седалищных нервов, что вероятнее всего связано с преходящим ишемическим повреждением вследствие их длительной компрессии на фоне избыточной массы тела. По данным ретроспективного анализа у 3 пациентов была отмечена послеоперационная невропатия периферических нервов, ассоциированная с длительным позиционированием. После консервативного лечения в обеих группах неврологические нарушения регрессировали полностью и не повлияли на изменение сроков госпитализации. Никаких других осложнений, исторически связанных с положением сидя, таких как напряженная пневмоцефалия, квадриплегия из-за ишемии и/или сдавления шейного отдела спинного мозга, макроглоссия, в данном исследовании не наблюдалось. Полученные результаты подтверждают исключительную важность специальной подготовки хирургов и анестезиологов для правильного и безопасного позиционирования пациентов.

Таблица 4 – Характеристика послеоперационных осложнений

Осложнения	Проспективная группа, n (%)	Ретроспективная группа, n (%)
Летальный исход	0	2 (2,4)
ПВЭ	0	3 (3,5)
Клинически значимая ВВЭ (3, 4, 5 баллов по шкале Тюбинген)	5 (6,7)	20 (23,5)
Пневмоцефалия	75 (100)	85 (100)
Невропатия периферических нервов	1 (0,8)	3 (2,6)

В представленном исследовании было продемонстрировано, что несмотря на имеющийся риск развития ВВЭ у пациентов, оперируемых по поводу нейрохирургической патологии в положении сидя, использование стандартизированного периоперационного протокола на основе ЧПЭХО позволяет достоверно снизить частоту клинически значимой ВВЭ. Учитывая высокую встречаемость ФОО у пациентов, планово оперируемых по поводу нейрохирургической патологии, предоперационная диагностика этой аномалии является значимым фактором безопасности анестезии.

ВЫВОДЫ

1. Встречаемость функционирующего овального окна у пациентов, оперируемых в плановом порядке по поводу нейрохирургической патологии, составляет 65% (95% ДИ 52–73). В 25% (95% ДИ 16–35) шунтирование крови через функционирующее овальное окно было значительным, что является противопоказанием применения ПДКВ. В 12,5% (95% ДИ 6–21) наблюдений большое функционирующее овальное окно было обнаружено без проведения пробы Вальсальвы, что является фактором риска развития парадоксальной эмболии.

2. Изолированное применение ПДКВ и изменения вентиляции не приводят к повышению давления в луковиче яремной вены, в то время как их комбинация способствует его увеличению.

3. Применение ориентированного на использование ЧПЭХО протокола ведения взрослых пациентов в положении сидя при плановых нейрохирургических вмешательствах позволяет снизить частоту клинически значимой ВВЭ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам, оперируемым в положении сидя, с целью рутинной диагностики функционирующего овального окна и других кардиальных факторов парадоксальной воздушной эмболии рекомендуется выполнять контрастную чреспищеводную эхокардиографию с выполнением пробы Вальсальвы.

2. С целью оценки риска воздушной эмболии и безопасного контроля эффективности двусторонней ручной компрессии яремных вен при ее развитии, целесообразно ориентироваться на показатели давления в верхней луковиче внутренней яремной вены.

3. Для повышения безопасности оперативных вмешательств в положении сидя рекомендуется проводить чреспищеводный эхокардиографический мониторинг на всех ответственных этапах операции.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Аверьянов Д. А. Давление в луковиче яремной вены при операциях у пациентов в положении сидя / Д. А. Аверьянов, Р. С. Лакотко, Д. В. Свистов, А. В. Щеголев, К. Н. Бабичев., Г. В. Гаврилов // Неотложная медицинская помощь. Журнал имени Н. В. Склифосовского. — 2019. — №2. — С. 138—144.

2. Аверьянов Д. А. Встречаемость и выраженность функционирующего овального окна у пациентов нейрохирургического профиля / Д. А. Аверьянов, Р. С. Лакотко, А. В. Щеголев //Анестезиология и реаниматология (Медиа Сфера). — 2018. — № 3. — С. 54—57.

3. Бабичев К. Н. Хирургическое лечение опухолей IV желудочка. Сравнительный анализ эффективности и безопасности срединного и теловелярного доступов / К. Н. Бабичев, А. В.

Станишевский, Д. В. Свистов, Д. А. Аверьянов, Р. С. Лакотко //Нейрохирургия. — 2018. — № 4. — С. 10—19.

4. Лакотко Р. С. Влияние факторов вентиляции на давление в луковиче яремной вены при краниотомии в положении сидя / Р. С. Лакотко, Д. А. Аверьянов, А. В. Щеголев, М. В. Кузнецов, А. А. Дубинин, Ю. М. Бараненко // Вестник анестезиологии и реаниматологии. — 2019. — № 3.— С. 87—88.

5. Лакотко Р. С. Риск и значимость венозной воздушной эмболии при нейрохирургических операциях в положении сидя у взрослых / Р. С. Лакотко, Д. А. Аверьянов, А. В. Щеголев // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. — 2019. — № 4. — С. 68—72.

6. Averyanov D. A., The impact of transesophageal echocardiography based protocol for management of adults in the sitting position on the incidence of clinically significant venous air embolism / D. A. Averyanov, R. S. Lakotko, A. V. Shchyogolev, D. V. Svistov, A. I. Gayvoronsky // Russian Open Medical Journal. — 2020. — Vol. 9, №1. — P. 1—9.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АДсист	систолическое артериальное давление
ВВЭ	венозная воздушная эмболия
ВСД	внутрисинусное давление
ВЧД	внутричерепное давление
ДЛЯВ	давление в луковиче яремной вены
ДМПП	дефект межпредсердной перегородки
ДПП	давление в правом предсердии
ЗЧЯ	задняя черепная яма
иАДср	среднее инвазивное артериальное давление
МПП	межпредсердная перегородка
ОЦК	объем циркулирующей крови
ПВЭ	парадоксальная воздушная эмболия
ПДКВ	положительное давление в конце выдоха
ТМО	твердая мозговая оболочка
ЦВД	центральное венозное давление
ЦНС	центральная нервная система
ЧПЭХО	чреспищеводная эхокардиография
ЧСС	частота сердечных сокращений
ФОО	функционирующее овальное окно
etCO ₂	парциальное давление СО ₂ в выдыхаемой воздушной смеси
SpO ₂	сатурация кислородом артериальной крови