

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

Кафедра анестезиологии и реаниматологии

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ

Российская Федерация, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

* Контактная информация: Аверьянов Дмитрий Александрович, кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры анестезиологии и реаниматологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. E-mail: dimonmed@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

С целью контроля эффективности различных методик профилактики и лечения венозной воздушной эмболии (ВВЭ) при операциях у пациентов в положении сидя используют измерение давления в синусах головного мозга (внутрисинусное давление – ВСД). Более простым и доступным способом является измерение давления в верхней луковиче яремной вены (ДЛЯВ), которое достаточно точно отражает ВСД. Зависимость частоты и выраженности ВВЭ от ДЛВ, тем не менее, не исследована, а данные о влиянии на него различных методик профилактики и лечения ВВЭ носят либо недостаточный, либо противоречивый характер. Цель исследования состояла в определении динамики ДЛВ при приведении пациента в положение сидя, его связи с тяжестью ВВЭ и оценке влияния на него давления в правом предсердии (ДПП), положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) и уменьшения минутной вентиляции легких (МВЛ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В проспективное исследование были включены 66 человек, которым выполняли интракраниальное вмешательство в положении сидя. В дополнение к стандартному мониторингу им в условиях общей анестезии с искусственной вентиляцией легких катетеризировали верхнюю луковичу яремной вены, правое предсердие, интубировали пищевод датчиком для чреспищеводной эхокардиографии. Измеряли ДЛВ в положении лежа и сидя, изучали его связь с ДПП. У пациентов с ДЛВ, не более 0 мм рт.ст., оценивали его динамику при ПДКВ=0 см вод.ст. и МВЛ с парциальным давлением конечно-выдыхаемого углекислого газа ($etCO_2$)=44 мм рт.ст., ПДКВ=15 см вод.ст. и МВЛ с $etCO_2$ =36 мм рт.ст. Для определения тяжести ВВЭ использовали шкалу Тюбинген (*Tübingen VAE*).

РЕЗУЛЬТАТЫ

После приведения пациента в положение сидя ДЛВ статистически значимо ($W=2137,5$; $p<0,001$) снижалось в среднем на 8 мм рт.ст., при этом у 11 (16,7%; 95%ДИ 8,6–27,8) больных оно осталось положительным. Корреляционной связи между ДПП и ДЛВ как в положении лежа ($Z=-0,08225$; $p=0,9344$), так и в положении сидя ($Z=1,2272$, $p=0,2198$) выявлено не было. Частота ВВЭ составила 51% (95%ДИ 38,8–64). У пациентов с ДЛВ, равным 0 мм рт.ст. или отрицательным, частота и тяжесть ВВЭ была статистически значимо больше, чем при ДЛВ, равного или большего 1 мм рт.ст. (хи-квадрат=4,37; $df=1$; $p=0,036$ и $Z=2,47$, $p=0,015$ соответственно). Статистически значимых изменений ДЛВ при ПДКВ 15 см вод.ст. и МВЛ с $etCO_2$ =36 мм рт.ст. не выявлено ($Z=-0,9784$, $p=0,3964$ и $Z=-1,3324$, $p=0,2305$ соответственно).

ВЫВОДЫ

1. Формирующееся при переводе пациента в положение сидя отрицательное давление в верхней луковиче яремной вены сопровождается увеличением частоты и тяжести венозной воздушной эмболии.
2. У пациентов в положении сидя связь между давлением в правом предсердии и верхней луковиче яремной вены не обнаружена.
3. Изолированное применение положительного давления в конце выдоха и изменения вентиляции не приводят к повышению давления в верхней луковиче яремной вены.

Ключевые слова:

положение сидя, положение с приподнятой головой, венозная воздушная эмболия, давление в луковиче яремной вены, чреспищеводная эхокардиография

Ссылка для цитирования

Аверьянов Д.А., Лакотко Р.С., Свистов Д.В. и др. Давление в луковиче яремной вены при операциях у пациентов в положении сидя. Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь. 2019; 8(2): 138–144. DOI: 10.23934/2223-9022-2019-8-2-138-144

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарности

Исследование не имеет спонсорской поддержки

АД_{ср.} — артериальное давление среднее
 АД_{сис.} — артериальное давление систолическое
 АВМ — артериовенозная мальформация
 ВВЭ — венозная воздушная эмболия
 ВСД — внутрисинусное давление
 ДЛВ — давление в верхней луковиче яремной вены
 ДПП — давление в правом предсердии
 иАД — измерение артериального давления
 ИВЛ — искусственная вентиляция легких

МВЛ — минутная вентиляция легких
 ПДКВ — положительное давление в конце выдоха
 УЗ — ультразвуковой
 ЦВД — центральное венозное давление
 ЧпЭхоКГ — чреспищеводная эхокардиография
 ЧСС — частота сокращений сердца
 $etCO_2$ — парциальное давление углекислого газа в конечной порции выдыхаемого воздуха
 SpO_2 — уровень насыщения гемоглобина кислородом

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение нейрохирургических операций в положении сидя уже длительное время является предметом дискуссий, как в мировой, так и отечественной литературе [1–3]. Несмотря на известные недостатки данного положения, оно обладает рядом ощутимых преимуществ [4]. К тому же отказ от его использования не означает полного отсутствия риска развития одного из наиболее серьезных осложнений нейрохирургических операций, проводимых в положении пациента сидя — венозной воздушной эмболии (ВВЭ), а приводит лишь к уменьшению его частоты [5]. Учитывая тот факт, что в некоторых случаях польза от применения положения сидя превышает риски развития серьезных осложнений, таких в частности, как ВВЭ, полного прекращения его использования, по всей видимости, не произойдет. Последнее же определяет необходимость дальнейшего изучения проблемы ВВЭ и путей ее решения.

По данным литературы, распространенность ВВЭ колеблется в диапазоне от 6% до 56% [6, 7]. Для профилактики и лечения ВВЭ предложен ряд методик [8–10]. С целью суррогатного контроля эффективности данных методик используют внутрисинусное давление (ВСД) [11–14], недостатками которого являются высокая инвазивность и сложность в обеспечении доступа, что ограничивает его широкое применение. Более простым и доступным для анестезиолога является измерение давления в верхней луковиче яремной вены (ДЛЯВ) [11, 15, 16]. Зависимость частоты и выраженности ВВЭ от ДЛВВ, тем не менее, не исследована, а данные о влиянии на него различных методик профилактики и лечения ВВЭ носят либо недостаточный, либо противоречивый характер [9].

Цель: определить динамику ДЛВВ при приведении пациента в положение сидя, его связь с тяжестью ВВЭ и оценить влияние на него давления в правом предсердии, положительного давления в конце выдоха и уменьшения минутной вентиляции легких (МВЛ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

После одобрения со стороны локального этического комитета в исследование в период с 2017 по 2018 г. проспективно были включены 66 пациентов клиники нейрохирургии «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова». Критерием включения в исследование было планируемое нейрохирургическое вмешательство в положении на операционном столе сидя. Характеристика пациентов представлена в табл. 1. Критериями исключения считали повторную краниотомию с наличием костного дефекта в зоне операции и отказ пациента от участия в исследовании.

Для определения границ физиологической дозволности сгибания туловища и конечностей пациентов накануне оперативного вмешательства в палате мы просили больного принять позу, идентичную положению сидя на операционном столе, и выясняли жалобы на появившиеся онемение, натяжение, прострелы и т.д. Утром в день операции проводили стандартную премедикацию: трамадол 100 мг, дифенгидрамин 10 мг, седуксен 10 мг внутримышечно.

При поступлении пациента в операционную обеспечивали стандартный мониторинг: электрокардиографию в трех отведениях, пульсоксиметрию и инвазивное измерение артериального давления (иАД). В качестве доступа для иАД использовали одну из лучевых артерий, которую катетеризировали под ультра-

Таблица 1

Характеристика пациентов

Table 1

The characteristics of patients

Возраст, лет		44 (36; 58)
Рост, см		166,5 (162; 175)
Вес, кг		70,5 (61,25; 82)
Пол	Мужской, <i>n</i> (%)	29 (44)
	Женский, <i>n</i> (%)	37 (56)
Метод трепанации	Резекционная трепанация, <i>n</i> (%)	37 (56)
	Костно-пластическая трепанация, <i>n</i> (%)	29 (44)
Причина оперативного вмешательства	Новообразование мосто-мозжечкового угла, <i>n</i> (%)	10 (15,1)
	Новообразование мозжечка, <i>n</i> (%)	11 (16,6)
	Новообразование IV желудочка, <i>n</i> (%)	10 (15,1)
	Менингиома задней черепной ямки, <i>n</i> (%)	7 (10,6)
	Невринома мосто-мозжечкового угла, <i>n</i> (%)	7 (10,6)
	Новообразование затылочной доли, <i>n</i> (%)	6 (9,1)
	Нейроваскулярный конфликт, <i>n</i> (%)	6 (9,1)
	Аномалия Арнольда–Киари, <i>n</i> (%)	4 (6)
	Новообразование пинеальной области, <i>n</i> (%)	2 (3)
	АВМ затылочной доли, <i>n</i> (%)	1 (1,5)
	АВМ мозжечка, <i>n</i> (%)	1 (1,5)
Менингиома средней трети верхнего саггитального синуса, <i>n</i> (%)	1 (1,5)	

Примечание: АВМ – артериовенозная мальформация

Note: AVM – arteriovenous malformation

звуковым (УЗ) контролем периферическим катетером 20G. Датчик иАД в положении лежа устанавливали на уровне флестатической оси, в положении сидя — на уровне наружного слухового прохода. С целью коррекции дегидратации вследствие ночной депривации жидкости и снижения негативного гемодинамического эффекта положения сидя перед введением в анестезию проводили внутривенную инфузию физиологического раствора хлорида натрия 0,9% — 800 мл и коллоидного раствора «Волювен» — 500 мл. Целевыми цифрами во время операции считали иАД_{сп.} (среднее) более 65 мм рт.ст. или иАД_{сис.} (систолическое) более 100 мм рт.ст. При необходимости коррекции гипотонии использовали введение норадреналина инфузатомом.

Индукцию в анестезию проводили пропофолом — 1–1,2 мг/кг, фентанилом — 3–5 мкг/кг, в качестве миорелаксанта использовали рокуроний — 0,4–0,6 мг/кг. Искусственную вентиляцию легких (ИВЛ) обеспечивали в режиме нормовентиляции — давление конечного выдыхаемого углекислого газа (etCO₂) — 35–38 мм рт.ст. Поддержание медикаментозного сна осуществляли ингаляцией севофлурана (МАК 0,9–1,0), обезболивания — дробным введением фентанила 0,1 мг каждые 30 минут. При необходимости мониторингирования транскраниальных электрических моторных вызванных потенциалов в качестве основного анестетика использовали пропофол 4–8 мг/кг/мин. Перед приведением пациента в положение сидя интубировали пищевод датчиком для чреспищеводной эхокардиографии (ЧпЭхоКГ) TEExi 8–3МГц (Fujifilm Sonosite) и выполняли диагностику шунтирования крови справа-налево согласно ранее описанной методике [17]. В

дальнейшем ЧпЭхоКГ в бикавальной позиции (режим 2D) использовали для диагностики ВВЭ во время операции. Катетеризацию верхней луковичи яремной вены выполняли катетером 14G под УЗ-контролем на стороне оперативного вмешательства или справа при срединном доступе. Для этого его заводили краниально на 14–15 см до ощущения упора, затем подтягивали назад на 0,5–1 см и проверяли свободное поступление крови [18]. Для измерения давления под УЗ-контролем катетеризировали правое предсердие. Правильность нахождения кончика катетера подтверждали с помощью ЧпЭхоКГ.

Нужной позы пациентов достигали за счет подушек и регулировок частей операционного стола. Для увеличения сниженной вследствие положения сидя преднагрузки сердца в соответствии с определенной в предоперационном периоде физиологической дозволенностью вместе с туловищем приподнимали ноги (рис. 1). Оптимальным считали нахождение коленей и лодыжек выше уровня камер сердца.

Для определения динамики в стабильном состоянии до и после приведения пациента в положение сидя фиксировали ДЛЯВ. Стабильным считали состояние, при котором в течение 2 мин наблюдения отсутствовал очевидный тренд на повышение или понижение ДЛЯВ, артериального давления среднего ($AD_{ср}$), артериального давления систолического ($AD_{сст}$), давления в правом предсердии (ДПП), частоты сердечных сокращений (ЧСС), $etCO_2$, насыщения гемоглобина кислородом (SpO_2), а их флюктуации либо отсутствовали, либо были незначительными (не более 2 мм рт.ст. для iAD ; 1 мм рт.ст. для ДЛЯВ, ДПП и $etCO_2$; 2 уд./с для ЧСС; 1% для SpO_2). Для оценки влияния ДПП, положительного давления в конце выдоха (ПДКВ), $etCO_2$ на ДЛЯВ у пациентов с ДЛЯВ в положении сидя ниже 1 мм рт.ст. последовательно фиксировали данные показатели сначала при ПДКВ 15 см вод.ст. и $etCO_2$ 36 мм рт.ст., далее при ПДКВ 0 см вод.ст. и $etCO_2$ 44 мм рт.ст. Для определения тяжести ВВЭ использовали шкалу Тюбинген (Tübingen VAE) [19].

Статистическую обработку осуществляли с помощью R версия 3.5.1 (RStudio версия 1.1). Количественные и качественные ранговые данные представлены в виде медианы и квартилей, номинальные в виде процентов и 95% доверительного интервала (95%ДИ) (точный метод Клоппера–Пирсона). Для сравнительных исследований применяли критерий Вилкоксона для парных выборок, критерий Вилкоксона в модификации Пратта (пакет «coin» R версии 3.5.2) при наличии повторяющихся значений с расчетом точного значения вероятности, критерий Вилкоксона для непарных выборок с использованием χ^2 Пирсона с поправкой Йейтса на непрерывность. Уровнем значимости, при котором нулевую гипотезу об отсутствии различий в группах отвергали, считали 0,05. Корреляционный анализ проводили тестом Спирмана (пакет «coin» R версии 3.5.2) с расчетом точного значения вероятности при наличии повторяющихся значений (метод «mid-ranks»).

РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов в положении лежа ДЛЯВ составило 5 (3; 7) мм рт.ст. У 61 (92,4%; 95%ДИ 83–97) пациента при этом оно было положительным. Перевод в положение сидя сопровождался статистически значимым снижением ДЛЯВ в среднем на 8 мм рт.ст. ($W=2137,5$; $p<0,001$), которое составило -3 (-5; -1) мм



Рис. 1. Пациент в положении сидя

Fig. 1. A patient in a sitting position

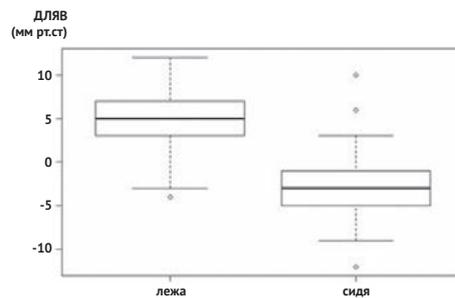


Рис. 2. Давление в верхней луковиче яремной вены (ДЛЯВ) у пациентов в положении сидя и лежа, мм рт.ст.

Fig. 2. The pressure in the superior jugular vein bulb (JBP) in patients in a sitting and supine position

рт.ст. (рис. 2). После усаживания пациента положительное ДЛЯВ сохранилось лишь у 11 (16,7%; 95%ДИ 8,6–27,8) больных. Данные пациенты были исключены из дальнейшего анализа влияния на ДЛЯВ, ДПП, ПДКВ и вентиляции.

Частота встречаемости ВВЭ составила 51% (95%ДИ 38,8–64). Для оценки влияния ДЛЯВ на тяжесть ВВЭ пациенты были разделены на две группы: группа 1 — с ДЛЯВ, равного или более 1 мм рт.ст. и группа 2 — с ДЛЯВ, равного или менее 0 мм рт.ст. Тяжесть ВВЭ в группе 1 составила 0 (0; 0) и статистически значимо ($Z=2,47$; $p=0,015$) отличалась от тяжести в группе 2 — 1 (1; 0). Так, в группе 1 лишь 2 пациента (18%; 95%ДИ 2,2–51,7) перенесли ВВЭ, градация по шкале Тюбинген у которых составила 1. В то же время в группе 2 ВВЭ была выявлена в 32 случаях (58%; 95%ДИ 44,1–71,3). Разница в частоте развития ВВЭ в группах была статистически значима ($\chi^2=4,37$; $df=1$; $p=0,036$). Градация ВВЭ по тяжести представлена в табл. 2.

ДПП у пациентов в положении лежа составило 4 (2; 4) мм рт.ст., а в положении сидя оно было -3 (-5; 1) мм рт.ст. Изменение ДПП в связи со сменой положения пациента на операционном столе были статистически значимы ($V=1778$; $p<0,001$). Корреляционной связи между ДПП и ДЛЯВ как в положении лежа ($Z=-0,08225$; $p=0,9344$), так и сидя ($Z=1,2272$; $p=0,2198$) обнаружено не было.

При сравнении ДЛЯВ до и после изменения ПДКВ статистически значимых различий не выявлено ($Z=-0,9784$; $p=0,3964$). Также статистически значимых различий в ДЛЯВ не было и при изменении вентиляции ($Z=-1,3324$; $p=0,2305$) легких.

Таблица 2

Тяжесть ВВЭ в зависимости от ДЛЯВ

Table 2

The severity of VAE depending on JBP

Степень тяжести ВВЭ	Группа №1 (ДЛЯВ>0), n	Группа №2 (ДЛЯВ<1), n
Тюбинген 0	9	23
Тюбинген 1	2	21
Тюбинген 2	0	6
Тюбинген 3	0	4
Тюбинген 4	0	1
Тюбинген 5	0	0
Всего	11	55

Примечания: ВВЭ — венозная воздушная эмболия; ДЛЯВ — давление в верхней луковиче яремной вены
Notes: JBP — the pressure in the superior bulb of the jugular vein; VAE — venous air embolism

ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема ВВЭ, возникающей при операциях на голове и шее в положении сидя, является на нынешний момент нерешенной и служит одной из основных причин отказа от широкого использования такого положения пациента во время оперативного вмешательства в нейрохирургической практике. Обязательными условиями для развития ВВЭ являются сообщение неколлабируемого венозного сосуда с внешней средой и отрицательное давление в нем. В качестве таких неколлабируемых венозных сосудов при нейрохирургических вмешательствах чаще всего выступают диплоические вены, вены выпускники и синусы. Предпосылкой же для создания отрицательного давления является расположение операционной раны выше уровня сердца с формированием гравитационного градиента до 20 см вод.ст. у взрослых [20].

Если вскрытия неколлабируемых сосудов избежать невозможно в случаях, когда оно является неотъемлемой частью хирургического доступа, то предотвращение формирования отрицательного давления в этих сосудах представляется вполне осуществимым. С целью прямого или опосредованного воздействия на давление в них предложено множество способов. При этом проблемой остается прямой контроль эффективности всех этих способов.

Наиболее точной аппроксимацией давления в неколлабируемых венозных сосудах является измерение ВСД головного мозга. Однако такой мониторинг чересчур инвазивен и для рутинного применения очевидно не пригоден. Более простым способом получения необходимой информации можно считать измерение ДЛЯВ. Катетеризация верхней луковичи яремной вены в рутинной практике проста, а связь ДЛЯВ с ВСД очевидна, так как яремная вена является продолжением сигмовидного синуса, а ее верхняя луковича — самым близким к нему участком. Разница между ВСД и ДЛЯВ составляет примерно 1–2 мм рт.ст. [11]. *Meyer et al.* в своей работе выявили прямую корреляционную связь ДПП и ДЛЯВ у детей [16]. Данный факт впоследствии даже послужил поводом отказаться от измерения ДЛЯВ. По результатам анализа полученных данных, связи между ДПП и ДЛЯВ у взрослых выявлено не было. Причинами, по которым такое расхождение возможно, по всей видимости, является контингент пациентов (у взрослых гравитационный градиент очевидно выше) и методика расчета. *Meyer et al.* для построения регрессионной модели использовали данные ДЛЯВ и ДПП, полученные до и после

приведения пациентов в положение сидя, что является некорректным с точки зрения статистического анализа. Причиной же, по которой связь между ДЛЯВ и ДПП отсутствует, являются, по всей видимости, два фактора: наличие клапанов во внутренней яремной вене и работы данной вены в качестве резистора Старлинга [14].

Методы, позволяющие безопасно повысить ДЛЯВ и, соответственно, ВСД, могут нивелировать один из двух обязательных факторов развития ВВЭ и, вероятно, снизить риск его развития как такового или уменьшить тяжесть. Действительно, ДЛЯВ при переводе пациента в положение сидя снижается. *Meyer et al.* показали, что у детей такое снижение в среднем составляет 10 мм рт.ст. [16] В полученных данных у взрослых снижение тоже было существенным (8 мм рт.ст.). Следует, тем не менее, отметить, что в связи с отрицательными значениями необходимость в повышении ДЛЯВ после приведения пациента в положение сидя существует у большинства, но не у всех пациентов. На основании полученных данных, у 16,7% ДЛЯВ было выше нуля. Схожие данные приведены и другими исследователями [15, 16].

Повышение ВСД на фоне постоянного объемного мозгового кровотока предполагает, так или иначе, борьбу с гравитационным градиентом давления между сердцем и операционной раной. Методы воздействия на него можно условно разделить на три группы: создание препятствия свободному оттоку крови по яремным венам, создание повышенного давления в правом предсердии и увеличение объемного мозгового кровотока.

Среди методов 1-й группы наиболее простым из предложенных на данный момент является ручная двусторонняя компрессия яремных вен. Это способ, позволяющий значительно повысить ДЛЯВ и ВСД выше атмосферного, вне зависимости от его исходных значений [11, 15]. К сожалению, в отсутствии рутинного контроля ДЛЯВ недостаточная компрессия будет неэффективна, избыточная же способна снизить мозговой кровоток за счет пережатия сонных артерий [9]. Альтернативами ручной компрессии являются различные варианты шейного турникета и внутриартериальные баллоны [8, 21]. Однако все эти методы следует рассматривать в качестве краткосрочных и лечебных, направленных на предотвращение дальнейшего поступления воздуха в кровеносную систему и облегчение поиска хирургом источника его проникновения. В связи с очевидной эффективностью данного метода данные о его влиянии на ДЛЯВ в данной работе не приведены.

В качестве методов 2-й группы известны увеличенная инфузионная нагрузка, ПДКВ и противошоковые штаны [16, 22]. Среди данных методов наименее эффективным является инфузионная нагрузка, так как ее способность повысить ДПП у пациентов в положении сидя незначительна [22]. В связи с этим у пациентов в данном исследовании от расширения объема инфузии было решено отказаться. *Meyer et al.* рекомендовали использовать противошоковые штаны [16]. Так, при их применении центральное венозное давление (ЦВД) у взрослых в положении сидя увеличивается в среднем с -2 до 8 мм рт.ст. [23]. Простым, не требующим никаких дополнительных приспособлений способом повышения ДПП является ПДКВ [24, 25]. Тем не менее, увеличение ПДКВ для предотвращения

ВВЭ следует рассматривать критически. *Giebler et al.* приводят данные о том, что ПДКВ снижает частоту ВВЭ, но за счет снижения преднагрузки может привести к нежелательным гемодинамическим эффектам [26]. Использование ПДКВ величиной до 15 см вод.ст., по их данным, не обладает такими эффектами. При этом, к сожалению, изолированное его применение не способно справиться с градиентом и значимо повлиять на ДЛЯВ, что продемонстрировано в данном исследовании.

Использование сниженной минутной вентиляции легких с целевыми цифрами etCO_2 на верхней границе допустимого референтного интервала (35–45 мм рт.ст.) следует относить к 3-й группе методов влияния на градиент. Известно, что вследствие сопряжения « etCO_2 — мозговой кровоток» в пределах от 20 до 80 мм рт.ст. etCO_2 напрямую способствует повышению мозгового кровотока, что в конечном счете может привести к нивелированию отрицательного ВСД [10]. Изолированное использование данного метода в представленной работе, тем не менее, не привело к значимому повышению ДЛЯВ.

Проведенное исследование указывает на то, что, по всей видимости, изолированное применение како-

го-либо одного метода борьбы с гравитационным градиентом (в частности, в рамках представленного исследования — ПДКВ и изменения режима вентиляции) — неизбежно возникающим у пациентов в положении сидя, не будет иметь успеха вследствие недостаточности эффекта каждого из них в отдельности. Представляется, тем не менее, что их комбинации с учетом возможных негативных последствий конкретной методики могут принести результат и требуют дальнейшего изучения.

ВЫВОДЫ

1. Формирующееся при переводе пациента в положение сидя отрицательное давление в верхней луковиче яремной вены сопровождается увеличением частоты и тяжести венозной воздушной эмболии.
2. У пациентов в положении сидя связь между давлением в правом предсердии и верхней луковиче яремной вены не обнаружена.
3. Изолированное применение положительного давления в конце выдоха и изменения в режиме вентиляции не приводят к повышению давления в верхней луковиче яремной вены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baro V, Lavezzo R, Marton E, et al. Prone versus sitting position in pediatric low-grade posterior fossa tumors. *Childs Nerv Syst.* 2019; 35(3): 421–428. PMID: 30610475. DOI: 10.1007/s00381-018-04031-w.
2. Израельян Л.А., Шиманский В.Н., Отаманов Д.А. и др. Положение больного на операционном столе в нейрохирургии: сидя или лежа. *Анестезиология и реаниматология.* 2013; (4): 18–26.
3. Porter J.M., Pidgeon C., Cunningham A.J. The sitting position in neurosurgery: A critical appraisal. *Br. J. Anaesth.* 1999; 82(1): 117–128. PMID: 10325848.
4. Choque-Velasquez J., Colasanti R., Resendiz-Nieves J.C., et al. Praying Sitting Position for Pineal Region Surgery: An Efficient Variant of a Classic Position in Neurosurgery. *World Neurosurg.* 2018; 113: e604–e611. PMID: 29499423. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.02.107.
5. Black S., Ockert D.B., Oliver W.C. Jr., Cucchiara R.F. Outcome following posterior fossa craniectomy in patients in the sitting or horizontal positions. *Anesthesiology.* 1988; 69(1): 49–56. PMID: 3389566.
6. 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. PMID: 23925859. DOI: 10.1007/s00701-013-1822-x.
7. Saladino A., Lamperti M., Mangraviti A., et al. The semisitting position: analysis of the risks and surgical outcomes in a contemporary series of 425 adult patients undergoing cranial surgery. *J. Neurosurg.* 2017; 127(4): 867–876. PMID: 27982770. DOI: 10.3171/2016.8.JNS16719.
8. Eckle V.S., Neumann B., Greiner T.O., et al. Intrajugular balloon catheter reduces air embolism in vitro and in vivo. *Br. J. Anaesth.* 2015; 114(6): 973–978. PMID: 25855025. DOI: 10.1093/bja/aev040.
9. Mirski M.M., Lele A.V., Fitzsimmons L., Toung Th. J. Diagnosis and Treatment of Vascular Air Embolism. *Anesthesiology.* 2007; 106(1): 164–177. PMID: 17197859.
10. Zentner J., Albrecht T., Hassler W. Prevention of an air embolism by moderate hypoventilation during surgery in the sitting position. *Neurosurgery.* 1991; 28(5): 705–708. PMID: 1876248.
11. Лубнин А.Ю., Лукьянов В.И., Осканова М.Ю. Профилактика воздушной эмболии у нейрохирургических больных, оперируемых в положении сидя: метод управляемого внутрисинусного давления. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.* 1994; (4): 14–17.
12. Grady M.S., Bedford R.F., Park T.S. Changes in superior sagittal sinus pressure in children with head elevation, jugular venous compression, and PEEP. *J. Neurosurg.* 1986; 65(2): 199–202. PMID: 3522822. DOI: 10.3171/jns.1986.65.2.0199.
13. Hibino H., Matsuura M. Cerebral Venous Sinus Pressure in Seated Dogs. *Anesthesiology.* 1985; 63(2): 184–189. PMID: 3896029.

REFERENCES

1. Baro V, Lavezzo R, Marton E, et al. Prone versus sitting position in pediatric low-grade posterior fossa tumors. *Childs Nerv Syst.* 2019; 35(3): 421–428. PMID: 30610475. DOI: 10.1007/s00381-018-04031-w.
2. Israelyan L.A., Shimanskiy V.N., Otamanov D.A., et al. Patient positioning on the operating table in neurosurgery: sitting or lying. *Anesteziology i reanimatologiya.* 2013; (4): 18–26. (In Russian).

14. Toung T., Ngeow Y.K., Long D.L., et al. Comparison of the effects of positive end-expiratory pressure and jugular venous compression on canine cerebral venous pressure. *Anesthesiology.* 1984; 61(2): 169–172. PMID: 6380344.
15. Cold G.E., Juul N. Studies of Jugular Pressure. In: Cold G.E., Juul N. (eds.). *Monitoring of cerebral and spinal haemodynamics during neurosurgery.* Springer, Heidelberg, 2008: 289–299. DOI: 10.1007/978-3-540-77873-8_22.
16. Meyer P.-G., Cuttaree H., Charron B., et al. Prevention of venous air embolism in paediatric neurosurgical procedures performed in the sitting position by combined use of MAST suit and PEEP. *Br. J. Anaesth.* 1994; 73(6): 795–800. PMID: 7880669.
17. Аверьянов Д.А., Лакотко П.С., Хоменко Е.А., Щеголев А.В. Встречаемость и выраженность функционирующего овального окна у пациентов нейрохирургического профиля. *Анестезиология и реаниматология.* 2018; (3): 54–57. DOI: 10.17116/anaesthesiology201803154.
18. Bhardwaj A., Bhagat H., Grover V.K. Jugular venous oximetry. *J. Neuroanaesth. Crit. Care.* 2015; 2(3): 225–231. DOI: 10.4103/2348-0548.165046.
19. 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.
20. Albin M.S., Carroll R.G., Maroon J.C. Clinical considerations concerning detection of venous air embolism. *Neurosurgery.* 1978; 3(3): 380–384. PMID: 740137.
21. Sale J.P. Prevention of air embolism during sitting neurosurgery. *Anaesthesia.* 1984; 39(8): 795–799. PMID: 6476317.
22. Colohan A.R., Perkins N.A., Bedford R.F., Jane J.A. Intravenous fluid loading as prophylaxis for paradoxical air embolism. *J. Neurosurg.* 1985; 62(6): 839–842. PMID: 3998832. DOI: 10.3171/jns.1985.62.6.0839.
23. Toung T.J.K., Alano J., Nagel E.L. Effects of mast suit on central venous pressure in the sitting position. *Anesthesiology.* 1980; 53(3): S188.
24. Voorhies R.M., Fraser R.A., Van Poznak A. Prevention of air embolism with positive end expiratory pressure. *Neurosurgery.* 1983; 12(5): 503–506. PMID: 6346132.
25. Toung T.J., Aizawa H., Traystman R.J. Effects of positive end-expiratory pressure ventilation on cerebral venous pressure with head elevation in dogs. *J. Appl. Physiol.* 2000; 88(2): 655–661. PMID: 10658054. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.2.655.
26. Giebler R., Kollenberg B., Pohlen G., Peters 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. *Br. J. Anaesth.* 1998; 80(1): 30–35. PMID: 9505774.

3. Porter J.M., Pidgeon C., Cunningham A.J. The sitting position in neurosurgery: A critical appraisal. *Br J Anaesth.* 1999; 82(1): 117–128. PMID: 10325848. DOI: 10.1093/bja/82.1.117.

4. Choque-Velasquez J., Colasanti R., Resendiz-Nieves J.C., et al. Praying Sitting Position for Pineal Region Surgery: An Efficient Variant of a Classic Position in Neurosurgery. *World Neurosurg.* 2018; 113: e604–e611. PMID: 29499423. DOI 10.1016/j.wneu.2018.02.107.
5. Black S., Ockert D.B., Oliver W.C. Jr., Cucchiara R.F. Outcome following posterior fossa craniectomy in patients in the sitting or horizontal positions. *Anesthesiology.* 1988; 69(1): 49–56. PMID: 3389566.
6. 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. PMID: 23925859. DOI: 10.1007/s00701-013-1822-x.
7. Saladino A., Lamperti M., Mangraviti A., et al. The semisitting position: analysis of the risks and surgical outcomes in a contemporary series of 425 adult patients undergoing cranial surgery. *J Neurosurg.* 2017; 127(4): 867–876. PMID: 27982770. DOI: 10.3171/2016.8.JNS16719.
8. Eckle V.S., Neumann B., Greiner T.O., et al. Intrajugular balloon catheter reduces air embolism in vitro and in vivo. *Br J Anaesth.* 2015; 114(6): 973–978. PMID: 25835025. PMID: PMC4436929. DOI: 10.1093/bja/aev0409.
9. Mirski M.M., Lele A.V., Fitzsimmons L., Toung Th. J. Diagnosis and Treatment of Vascular Air Embolism. *Anesthesiology.* 2007; 106(1): 164–177. PMID: 17197859.
10. Zentner J., Albrecht T., Hassler W. Prevention of an air embolism by moderate hypoventilation during surgery in the sitting position. *Neurosurgery.* 1991; 28(5): 705–708. PMID: 1876248. DOI: 10.1097/00006123-199105000-00011.
11. Lubnin A.Yu., Luk'yanov V.I., Oskanova M.Yu. Prevention of air embolism in neurosurgical patients operated in a sitting position: method of controlled intra-sinus pressure. *Voprosy neyrokhirurgii im NN Burdenko.* 1994; (4): 14–17. (In Russian).
12. Grady M.S., Bedford R.F., Park T.S. Changes in superior sagittal sinus pressure in children with head elevation, jugular venous compression, and PEEP. *J Neurosurg.* 1986; 65(2): 199–202. PMID: 3522822. DOI: 10.3171/jns.1986.65.2.0199.
13. Hibino H., Matsuura M. Cerebral Venous Sinus Pressure in Seated Dogs. *Anesthesiology.* 1985; 63(2): 184–189. PMID: 3896029.
14. Toung T., Ngeow Y.K., Long D.L., et al. Comparison of the effects of positive end-expiratory pressure and jugular venous compression on canine cerebral venous pressure. *Anesthesiology.* 1984; 61(2): 169–172. PMID: 6380344.
15. Cold G.E., Juul N. Studies of Jugular Pressure. In: Cold G.E., Juul N., eds. *Monitoring of cerebral and spinal haemodynamics during neurosurgery.* Springer, Heidelberg, 2008: 289–299. DOI: 10.1007/978-3-540-77873-8_22.
16. Meyer P.-G., Cuttaree H., Charron B., et al. Prevention of venous air embolism in paediatric neurosurgical procedures performed in the sitting position by combined use of MAST suit and PEEP. *Br J Anaesth.* 1994; 73(6): 795–800. PMID: 7880669. DOI: 10.1093/bja/73.6.795.
17. Aver'yanov D.A., Lakotko R.S., Khomenko E.A., Shchegolev A.V. Patent Foramen Ovale Incidence and Severity in Neurosurgical Patients. *Anesteziologiya i reanimatologiya.* 2018; (3): 54–57. DOI: 10.17116/anaesthesiology201803154. (In Russian).
18. Bhardwaj A., Bhagat H., Grover V.K. Jugular venous oximetry. *J Neuroanaesth Crit Care.* 2015; 2(3): 225–231. PMID: 29497826. DOI: 10.4103/2348-0548.165046.
19. 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. PMID: 25295634. DOI: 10.1016/j.wneu.2013.01.003.
20. Albin M.S., Carroll R.G., Maroon J.C. Clinical considerations concerning detection of venous air embolism. *Neurosurgery.* 1978; 3(3): 380–384. PMID: 740137. DOI: 10.1227/00006123-197811000-00009.
21. Sale J.P. Prevention of air embolism during sitting neurosurgery. *Anaesthesia.* 1984; 39(8): 795–799. PMID: 6476317.
22. Colohan A.R., Perkins N.A., Bedford R.F., Jane J.A. Intravenous fluid loading as prophylaxis for paradoxical air embolism. *J Neurosurg.* 1985; 62(6): 839–842. PMID: 3998832. DOI: 10.3171/jns.1985.62.6.0839.
23. Toung T.J.K., Alano J., Nagel E.L. Effects of mast suit on central venous pressure in the sitting position. *Anesthesiology.* 1980; 53(3): S188.
24. Voorhies R.M., Fraser R.A., Van Poznak A. Prevention of air embolism with positive end expiratory pressure. *Neurosurgery.* 1983; 12(5): 503–506. PMID: 6346132. DOI: 10.1227/00006123-198305000-00004.
25. Toung T.J., Aizawa H., Traystman R.J. Effects of positive end-expiratory pressure ventilation on cerebral venous pressure with head elevation in dogs. *J Appl Physiol.* 2000; 88(2): 655–661. PMID: 10658034. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.2.655.
26. Giebler R., Kollenberg B., Pohlen G., Peters 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. *Br J Anaesth.* 1998; 80(1): 30–35. PMID: 9505774. DOI: 10.1093/bja/80.1.30.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аверьянов Дмитрий Александрович	преподаватель кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГББОУ ВО ВМА им. С.М. Кирова МО РФ, ORCID: 0000-0003-4353-4953.
Лакотко Роман Сергеевич	адъюнкт кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГББОУ ВО ВМА им. С.М. Кирова МО РФ, ORCID: 0000-0003-0941-013X.
Щеголев Алексей Валерианович	профессор, начальник кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГББОУ ВО ВМА им. С.М. Кирова МО РФ, ORCID: 0000-0001-6431-439X.
Свистов Дмитрий Владимирович	доцент, начальник кафедры нейрохирургии ФГББОУ ВО ВМА им. С.М. Кирова МО РФ, ORCID: 0000-0002-3922-9887.
Константин Николаевич Бабичев	врач-нейрохирург кафедры нейрохирургии ФГББОУ ВО ВМА им. С.М. Кирова МО РФ, ORCID: 0000-0002-4797-2937.
Гаспар Владимирович Гаврилов	докторант кафедры нейрохирургии ФГББОУ ВО ВМА им. С.М. Кирова МО РФ, ORCID: 0000-0002-8594-1533.

Received on 01.02.2019

Accepted on 25.03.2019

Поступила в редакцию 01.02.2019

Принята к печати 25.03.2019

Jugular Bulb Pressure in Surgery of Patients in Sitting Position

D.A. Averyanov*, R.S. Lakotko, A.V. Shchyogolev, D.V. Svistov, K.N. Babichev, G.V. Gavrilov

Department of Anesthesiology and Resuscitation

S.M. Kirov Military Medical Academy

6 Akademika Lebedeva St., Saint-Petersburg 194044, Russian Federation

* **Contacts:** Dmitry A. Averyanov, Cand. Med. Sci., Lecturer at the Department of Anesthesiology and Resuscitation S.M. Kirov Military Medical Academy. Email: dimonmed@mail.ru

BACKGROUND The pressure in brain sinuses (BSP) is used to monitor the effectiveness of various methods of prevention and treatment of venous air embolism (VAE) during surgeries in patients in the sitting position. A simpler and more approachable way is to measure the pressure in the superior bulb of the jugular vein (JBP), which accurately reflects the BSP. The dependence of the frequency and severity of VAE in JBP, however, has not been investigated, and the data on the effect of various methods of prevention and treatment of VAE on JBP are either insufficient or contradictory. The study was aimed to determine the dynamics of the JBP when bringing the patient to a sitting position, its relation with the severity of the VAE and to assess the effect of right atrium pressure (RAP), positive end expiratory pressure (PEEP) and decreased minute pulmonary ventilation (MPV) on it.

MATERIAL AND METHODS The prospective study included 66 people who underwent intracranial surgery in a sitting position. In addition to the standard monitoring under general anesthesia with artificial lung ventilation, the superior bulb of the jugular vein and the right atrium were catheterized, and the esophagus was intubated with transesophageal echocardiography sensor. JBP was measured in a supine and sitting position and examined in relationship to RAP. In patients with JBP ≤ 0 mm Hg, its dynamics was evaluated at PEEP ≤ 0 cm H₂O and MPV with end-tidal carbon dioxide (etCO₂) = 44 mm Hg, PEEP = 15 cm H₂O and MPV with etCO₂ = 36 mm Hg. The Tuebingen scale (Tuebingen VAE) was used to determine the severity of VAE.

RESULTS After bringing the patient to the sitting position the JBP significantly ($W=2137.5$; $p<0.001$) decreased by an average of 8 mm Hg, while in 11 (16.7%; 95% CI: 8.6–27, 8) cases it remained positive. No correlation was found between the RAP and JBP in the supine position ($Z=-0.08225$; $p=0.9344$) and in the sitting position ($Z=1.2272$, $p=0.2198$). The VAE frequency was 51% (95% CI 38.8–64). In patients with JBP ≤ 0 mm Hg, the frequency and severity of VAE was significantly higher than with JBP ≥ 1 mm Hg ($\chi^2=4.37$; $df=1$; $p=0.036$ and $Z=2.47$, $p=0.015$, respectively). Significant changes of JBP when PEEP 15 cm H₂O and MPV with etCO₂ = 36 mm Hg were not found ($Z=-0.9784$, $p=0.3964$ and $Z=-1.3324$, $p=0.2305$ respectively).

CONCLUSION 1. The negative JBP after bringing the patient to the sitting position is accompanied by an increase in the frequency and severity of VAE. 2. In patients in a sitting position, the correlation between RAP and JBP was not found. 3. Isolated PEEP and changes in ventilation do not lead to an increase in JBP.

Keywords: sitting position, head-up position, venous air embolism, jugular bulb pressure, transesophageal echocardiography

For citation Averyanov D.A., Lakotko R.S., Shchyogolev A.V., et al. Jugular bulb pressure in surgery of patients in sitting position. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2019; 8(2): 138–144. DOI: 10.23934/2223-9022-2019-8-2-138-144 (In Russian)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments The study had no sponsorship

Affiliations

Dmitry A. Averyanov	Lecturer of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, S.M. Kirov Military Medical Academy, Russian Federation, E-mail: dimonmed@mail.ru, ORCID 0000-0003-4353-4953
Roman S. Lakotko	Postgraduate of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, S.M. Kirov Military Medical Academy, Russian Federation, E-mail: rom-sl@mail.ru, ORCID 0000-0003-0941-013X
Aleksey V. Shchyogolev	Professor of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, S.M. Kirov Military Medical Academy, Russian Federation, E-mail: alekseischegolev@gmail.com, ORCID 0000-0001-6431-439X
Dmitry V. Svistov	Associate Professor of the Department of Neurosurgery, S.M. Kirov Military Medical Academy, Russian Federation, E-mail: dvsvistov@mail.ru, ORCID 0000-0002-3922-9887
Konstantin N. Babichev	Neurosurgeon of the Department of Neurosurgery, S.M. Kirov Military Medical Academy, Russian Federation, E-mail: k_babichev@mail.ru, ORCID 0000-0002-4797-2937
Gaspar V. Gavrilov	Doctoral Student, the Department of Neurosurgery, S.M. Kirov Military Medical Academy, Russian Federation, E-mail: gaspar_gavrilov@mail.ru, ORCID 0000-0002-8594-1533