

## Современное состояние проблемы обеспечения безопасности пациента в положении шезлонга при артроскопических операциях на плечевом суставе

С.В. Крылов<sup>1,2\*</sup>, И.Н. Пасечник<sup>2</sup>, А.К. Орлецкий<sup>1</sup>, Д.О. Тимченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава России, Москва,

<sup>2</sup> ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УД Президента РФ, Москва

## Safety of patients in the beach chair position during arthroscopic surgeries on the shoulder joint: current state of the problem

S.V. Krylov<sup>1,2\*</sup>, I.N. Pasechnik<sup>2</sup>, A.K. Orletskiy<sup>1</sup>, D.O. Timchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova, Moscow, Russia,

<sup>2</sup> Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

E-mail: doc087@inbox.ru

### Аннотация

Неврологические осложнения, иногда достаточно серьезные, могут возникать у пациентов в положении шезлонга при выполнении артроскопических операций на плечевом суставе. Основной причиной возникновения неврологических осложнений является артериальная гипотензия и, как следствие, возникающая гипоперфузия головного мозга после изменения положения тела пациента в условиях общей анестезии. Различные клинические исследования продемонстрировали, что в положении шезлонга происходит изменение региональной оксигенации головного мозга и церебрального кровотока. Безусловно, с целью профилактики развития осложнений необходимо проведение клинических исследований для оценки частоты нежелательных неврологических побочных эффектов, выбора оптимального необходимого неврологического мониторинга, который позволял бы предупреждать неблагоприятные нейрокогнитивные осложнения, определения минимального безопасного уровня артериального давления во время операции для отдельных категорий пациентов с целью своевременной коррекции интраоперационной гипотензии.

**Ключевые слова:** артроскопия, спектрометрия, операции в положении сидя.

### Abstract

Neurological complications, sometimes quite serious, can occur in patients in the beach chair position at arthroscopic shoulder surgeries. Arterial hypotension which may be caused by changes in patient's body position under general anesthesia is the main cause of neurological complications resulting in brain hypoperfusion. Various clinical trials have demonstrated that regional oxygenation of the brain and cerebral blood flow are changed in the beach chair position. Definitely, in order to avoid complications, it is necessary to conduct clinical trials on determining the rate of undesired neurological side effects, on choosing the optimal neurological monitoring that would prevent adverse neurocognitive complications. Future trials should identify minimally safe levels of blood pressure during surgery in some groups of patients, so as to timely correct intraoperative hypotension.

**Key words:** arthroscopy, spectrometry, surgeries in beach chair position.

*Ссылка для цитирования: Крылов С.В., Пасечник И.Н., Орлецкий А.К., Тимченко Д.О. Современное состояние проблемы обеспечения безопасности пациента в положении шезлонга при артроскопических операциях на плечевом суставе. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2021; 2: 43-49.*

Артроскопические операции на плечевом суставе — одни из наиболее часто выполняемых оперативных вмешательств на верхнем плечевом поясе [1]. Подавляющее большинство данных операций проводятся в положении шезлонга. Сообщается о ряде преимуществ данного положения пациента, которые включают в себя улучшенную внутрисуставную визуализацию, снижение количества повреждений, вызванных тракцией плечевого сустава, а также удобное положение при конверсии в открытый этап [1, 2]. Данные преимущества привели к значительному увеличению использования положения шезлонга среди травматологов-ортопедов при операциях на плече.

Артроскопические операции на плечевом суставе — одни из наиболее часто выполняемых оперативных вмешательств на верхнем плечевом поясе [1]. Подавляющее большинство данных операций проводятся в положении шезлонга. Сообщается о ряде преимуществ данного положения пациента, которые включают в себя улучшенную внутрисуставную визуализацию, снижение количества повреждений, вызванных тракцией плечевого сустава, а также удобное положение при конверсии в открытый этап [1, 2]. Данные преимущества привели к значительному увеличению использования положения шезлонга среди травматологов-ортопедов при операциях на плече.

Что касается взгляда анестезиологов, то, безусловно, существуют значительные риски, связанные с переводом пациента из положения лежа на спине в положение сидя в условиях общей анестезии. Эти нежелательные побочные эффекты включают снижение артериального давления (АД), сердечного выброса (СВ) и церебральной перфузии головного мозга, что в итоге может привести к серьезным неврологическим осложнениям, таким как острое нарушение мозгового кровообращения.

В литературе описаны серьезные неврологические последствия, которые возникли после артроскопических операций на плече в положении сидя. Серия клинических наблюдений описывала 4 случая возникновения ишемического повреждения головного и спинного мозга, которое было связано с возникшей артериальной гипотонией, не скорректированной должным образом [3]. Развитие гемипареза было зарегистрировано у пациента с врожденной асимметрией виллизиева круга, что могло привести к ограниченному коллатеральному кровотоку в бассейне передней и средней мозговых артерии (неполный виллизиев круг может присутствовать почти у 40% пациентов) [4]. В другой публикации описано 3 случая возникновения ишемического повреждения головного мозга, которое произошло после операции на плече в положении шезлонга в условиях общей анестезии и межлестничной блокады плечевого сплетения [5]. Таким образом, развитие острой ишемии головного мозга — относительно редкое, но весьма серьезное осложнение периоперационного периода после оперативных вмешательств на плечевом суставе в положении сидя. Однако с целью выявления частоты возникновения данных неврологических повреждений необходимы крупномасштабные проспективные или ретроспективные исследования.

#### **Клинические исследования оценки безопасности проведения оперативного вмешательства в положении сидя**

##### **Влияние положения сидя на регионарную оксигенацию головного мозга**

Одним из современных методов, позволяющих адекватно оценить локальный мозговой кровоток, является спектрометрия. Спектроскопия в ближнем инфракрасном диапазоне — это метод, который дает возможность непрерывно контролировать локальный мозговой кровоток головного мозга с использованием источников света в ближнем инфракрасном диапазоне. Данные лучи беспрепятственно проникают через кости черепа в головной мозг, в котором они двигаются по эллиптической спирали и в момент их движения поглощаются специальными датчиками [6]. Принцип действия

весьма схож с принципом работы ультразвука. Инфракрасный свет поглощается гемоглобином, который циркулирует в артериях, венах и капиллярах головного мозга. За счет определения концентрации оксигемоглобина и дезоксигемоглобина имеется возможность оценить баланс между доставкой и потреблением кислорода мозгом. Некоторые исследования показали, что значения региональной оксигенации головного мозга, измеренные с помощью инфракрасной спектроскопии, совпадают с изменением мозгового кровотока в случае, когда насыщение артериальной крови и потребление кислорода в головном мозге постоянны и соотношение поступления артериальной и венозной крови остается стабильным [6, 7].

Пороговое значение, при котором возникало нарушение мозгового кровотока (церебральная десатурация), оценивалась в некоторых клинических исследованиях. В исследованиях было продемонстрировано, что снижение поступления кислорода к клеткам головного мозга возникает в 15 — 25% в кардиохирургии, при обширных абдоминальных оперативных вмешательствах и в трансплантологии [8-10].

Что касается исследований в травматологии и ортопедии при артроскопических операциях на плечевом суставе, то определение регионарного кровотока выполнялось с использованием трех различных приборов определения спектрометрии: The INVOS (Medtronic/Covidien, США), The FORE-SIGHT (CAS Medical Systems, США), и The NIRO-200 (Hamamatsu Photonics, Япония). В клинических исследованиях с использованием представленных устройств измерения инфракрасной спектрометрии возникновение церебральной десатурации оценивалось, как снижение региональной оксигенации мозга на 20% от исходных значений. Из представленных данных можно сделать вывод, что приблизительно у 40% пациентов развиваются явления церебральной десатурации, обнаруживаемые с помощью спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне в положении сидя (проанализировано 7 клинических исследований, всего 287 пациентов) [11]. Однако важно отметить, что возникновение церебральной десатурации не всегда указывает на развитие ишемии головного мозга, но может также отражать нарушение баланса между доставкой и потреблением кислорода в отдельных областях головного мозга без возникновения острого нарушения мозгового кровообращения.

В другом исследовании, в которое было включено 124 пациента, проводилась сравнительная оценка возникновения церебральной десатурации у пациентов после артроскопии плечевого сустава в положении шезлонга и в положении на боку [12].

В результате было продемонстрировано, что случаи церебральной десатурации были зарегистрированы у 80,3% пациентов, оперированных в положении сидя, в то время как у пациентов в положении на боку эпизодов нарушения регионарной оксигенации не выявлено ни у одного пациента. Сходные результаты были получены и в исследовании А.Т.Моerman, в котором было отмечено, что при переводе пациента из положения лежа в положение сидя региональная оксигенация головного мозга снижалась с 78 до 58%, а явления церебральной десатурации были выявлены у 80% пациентов [13].

В исследовании D. Closhen и соавт. отмечалось меньшее количество нарушений регионарной оксигенации в положении шезлонга. В работе проводилась сравнительная оценка показателей региональной оксигенации мозга у бодрствующих добровольцев и у пациентов хирургического профиля. В результате показатели региональной оксигенации мозга не изменились в группе добровольцев при укладке в положения шезлонга, тогда как у пациентов в хирургической группе региональная оксигенация мозга снизилась на 10% от исходных значений. Значительные и значимые эпизоды церебральной десатурации наблюдались только у 1 из 35 хирургических пациентов [14].

В другом клиническом исследовании изучалось влияние угла положения шезлонга на церебральную оксигенацию во время операции на плечевом суставе. Согласно представленным результатам, наблюдалось линейное снижение региональной оксигенации головного мозга при изменении положения шезлонга с 0° до 80°. Однако клинически значимых явлений регионарной мозговой десатурации не наблюдалось [15].

В работе Y. Mori и соавт. оценивали влияние положения шезлонга на значения кислородного индекса тканей у 91 пациента, оперированного в положении шезлонга. В результате было отмечено, что поднятие головного конца операционного стола на 60° не привело к значительному снижению кислородного индекса тканей ни у одного пациента [16].

Таким образом, можно сделать вывод, что спектрометрия в ближнем инфракрасном диапазоне — информативный метод выявления эпизодов возникновения церебральной десатурации. Однако доступность и технология использования данного метода ограничивают его применение в повседневной практике.

#### **Артериальная гипотензия, возникающая в положении сидя**

Артериальная гипотония часто возникает при переводе пациента из положения лежа на спине в

положение шезлонга и может сохраняться на протяжении всего оперативного вмешательства. Сама по себе общая анестезия снижает чувствительность барорецепторов, что приводит к снижению общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) и сердечного выброса (СВ). Все это отражается в том, что большая часть венозной крови депонируется в венах нижних конечностей в положении сидя [17].

В различных работах изучали частоту возникновения гипотонии в положении шезлонга, методы ее профилактики и лечения, а также влияние данных методов лечения на оксигенацию головного мозга.

Исследователи из клиники Meio проанализировали данные 4227 пациентов, перенесших ортопедические операции в положении шезлонга. Несмотря на то, что значение среднего артериального давления во время операции составило 74–75 мм рт. ст., у 48–51% пациентов регистрировали более 1 эпизода снижения систолического артериального давления более чем на 40 % от исходных данных (средняя продолжительность артериальной гипотонии составила 13 мин) [18].

Y.T. Yadeau и соавт. проанализировали данные 4169 пациентов (из них 3000 ретроспективных и 1169 проспективных исследований) после операций на плечевом суставе в положении сидя с использованием регионарной анестезии и седации. Артериальная гипотензия была зарегистрирована у 47% пациентов, однако развития острого нарушения мозгового кровообращения не отмечено [19]. В другом аналогичном исследовании, проведенном той же исследовательской группой, произведена оценка взаимосвязи развития гипотензии и проявлений церебральной десатурации у 99 пациентов, перенесших операцию на плече в условиях регионарной анестезии и седации. Согласно представленным данным, у 99% пациентов отмечалась артериальная гипотензия, в то время как эпизоды церебральной десатурации были зарегистрированы только у 10% пациентов [20].

В ретроспективном исследовании оценивалось частота развития интраоперационной гипотензии у 384 пациентов, находящихся в положении шезлонга, при этом отмечено большее количество эпизодов умеренной гипотензии у пациентов, принимающих гипотензивные препараты. Интраоперационное использование вазопрессоров не различалось между группами пациентов принимающих и не принимающих гипотензивные препараты [21].

D. Ozzeybek и соавт. провели анализ возникновения гемодинамических изменений в положении сидя у пациентов во время операций на плечевом суставе с использованием регионарной анестезии

плечевого сплетения с седацией или в сочетании с общей анестезией. В результате исследования отмечено, что среднее артериальное давление значительно снизилось у тех пациентов, операцию которым выполняли в условиях сочетанной анестезии, тогда как у пациентов с регионарной анестезией с седацией изменения артериального давления не наблюдалось [22].

Риск возникновения неврологических осложнений связан не только с со степенью выраженности церебральной гипоперфузии или кислородной десатурации, но и с продолжительностью этих событий во временном значении. По данным клинических исследований, продолжительность явлений церебральной десатурации может варьировать от 30 с 1 ч во время операции, однако от истинной продолжительности церебральной десатурации не сообщалась в большинстве клинических испытаний. Степень выраженности и длительность ишемии головного мозга являются важными факторами для выявления степени повреждения структур головного мозга. В исследованиях на животных низкие значения региональной оксигенации мозга, регистрируемые в течение менее 2 ч, не приводили к возникновению острого неврологического повреждения [23].

Низкая частота возникновения острого нарушения мозгового кровообращения в положении шезлонга связана с относительно коротким периодом церебральной десатурации, наблюдаемый в клинических исследованиях. Отмечается, что гипотензия является обычным явлением при операции в положении шезлонга, хотя связь между гипотензией и возникновением церебральной десатурации не была доказана. Кроме того, лекарственные препараты для лечения артериальной гипертензии могут оказывать непосредственное влияние на изменение мозгового кровотока, которое может в виде вазоконстрикции экстрацеребральных сосудов или сосудов головного мозга.

#### **Ауторегуляция мозгового кровотока в положении сидя**

Перемещение пациента из положения лежа в положение сидя в условиях общей анестезии может приводить к нарушению ауторегуляции головного мозга и, следовательно, увеличить риск развития неврологических осложнений в том случае, если артериальное давление не поддерживается в пределах ауторегулируемого диапазона. В крупном клиническом исследовании у пациентов, перенесших операцию на плече в положении шезлонга или положении лежа на боку, церебральная ауторегуляция измерялась с использованием определения церебральной оксиметрии, пред-

ставленной в виде индекса церебральной оксиметрии. Исследователи наблюдали, что у пациентов, оперированных в положении сидя, имелись значительно более высокие показатели церебрального оксиметрического индекса по сравнению с группой пациентов, операцию которым осуществляли в положении на боку. Представленные результаты свидетельствуют о нарушении ауторегуляции мозгового кровотока. Кроме того, средние значения региональной оксигенации мозга в положении шезлонга были ниже, чем в положении лежа на боку [24].

#### **Влияние положения шезлонга на показатели биспектрального индекса**

Возникающие гемодинамические изменения при операции в положении сидя могут вызывать снижение церебральной оксигенации, которое находит отражение в изменении электрической активности коры головного мозга и обработанных электроэнцефалографических данных. Влияние положения шезлонга на значения биспектрального индекса (БИС) оценивалось в исследовании, в которое было включено 30 пациентов. После изменения положения тела из положения лежа в положение сидя БИС достоверно снизился с исходного уровня 49 до 36 через 15 мин ( $p < 0,05$ ). Кроме того, существует статистически значимая корреляция между уровнем БИС и среднего артериального давления [25].

#### **Неврологические осложнения, возникающие при операциях в положении сидя**

Нарушение оксигенации и регионарного кровотока может вызывать возникновение неврологических осложнений в периоперационном периоде. Оценка возникновения неврологических повреждений в послеоперационном периоде проводилась в нескольких исследованиях. Так, Y. Aguirre и соавт. выполнили неврологическое и нейроповеденческое тестирование у 90 пациентов до операции и на следующий день после операции, в положении сидя в условиях общей или регионарной анестезии. У пациентов в группе общей анестезии имелись нарушения нейрокогнитивных показателей и была отмечена прямая связь между возникновением эпизодов церебральной десатурации и ухудшением неврологических показателей в послеоперационном периоде [26].

В аналогичном исследовании, проведенном теми же исследователями у 40 пациентов, перенесших операцию на плечевом суставе в условиях регионарной анестезии, отмечено, что эпизодов снижения регионарной оксигенации не наблюдалось ни у одного пациента [27].

R. Gillespie и соавт. провели оценку безопасности контролируемой гипотензии в положении сидя. В клиническом исследовании послеоперационных когнитивных дисфункций, включавшем 52 пациента, нежелательных неврологических осложнений не зарегистрировано [28].

В другой работе с участием 51 пациента не обнаружено связи между эпизодами возникновения церебральной десатурации и неврологической дисфункцией. Преходящая ранняя послеоперационная когнитивная дисфункция наблюдалась лишь у одного из пациентов, перенесших артроскопические операции на плечевом суставе в положении шезлонга в условиях общей анестезии [29].

### Пути решения проблемы возникновения церебральной десатурации в положении сидя

#### Избегать гипервентиляции в условиях общей анестезии

Церебральный кровоток во время общей анестезии напрямую зависит от уровня углекислого газа крови, при этом гипервентиляция приводит к сужению сосудов головного мозга и снижению мозгового кровотока, в то время как гиповентиляция вызывает расширение сосудов и усиление мозгового кровотока.

G.S. Murphy и соавт. провели рандомизированное исследование у 70 пациентов, которые были распределены по показателям концентрации углекислого газа в конце выдоха. Так, в одной группе данный показатель составлял — 40–42 мм.рт.ст., в другой 30–32 мм рт.ст. Показатели церебральной оксиметрии определяли с помощью непрерывного измерения спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне. В результате исследования уровень региональной оксигенации головного мозга был достоверно выше в группе пациентов с более высокими показателями концентрации углекислого газа в конце выдоха по сравнению с пациентами другой группы. Частота зарегистрированных эпизодов десатурации у пациентов с умеренной гиповентиляцией была ниже (8.8%), чем у пациентов с умеренной гипервентиляцией (55.6%) [30].

#### Использование регионарной анестезии с седацией

Сердечно-сосудистые изменения, возникающие при перемещении пациента из положения лежа в положении сидя, уменьшаются, если оперативное вмешательство осуществляется в условиях регионарной анестезии в сочетании с седацией, без использования общей анестезии. Более высокие показатели уровня углекислого газа в артериальной крови у пациентов в состоянии медикаментозной седации могут благоприятным образом

отразиться на церебральном кровотоке и регионарной оксигенации головного мозга и привести к умеренному его увеличению (по сравнению с пациентами в условиях общей анестезии, при которой искусственная вентиляция легких осуществляется в режиме умеренной гипервентиляции). В клиническом исследовании Y.L. Koh и соавт. провели анализ показателей гемодинамики и региональной оксигенации головного мозга у 60 пациентов, перенесших артроскопические операции на плечевом суставе в условиях блокады плечевого сплетения межлестничным доступом с медикаментозной седацией либо в условиях общей анестезии. В результате было отмечено, что показатели гемодинамики и региональной оксигенации были достоверно выше у пациентов группы регионарной анестезии по сравнению с пациентами группы общей анестезии, и частота эпизодов возникновения церебральной десатурации была ниже у пациентов с регионарными методами анестезии (0% в группе регионарной анестезии и 57% в группе общей анестезии;  $p < 0.001$ ) [31].

### Поддержание интраоперационного артериального давления на уровне, близком к исходным данным

В литературе не существует четких данных об уровне безопасного и минимально низкого значения артериального давления, которое должно поддерживаться во время операции в положении сидя. Показатели уровня среднего артериального давления должны поддерживаться несколько выше нижнего предела церебральной ауторегуляции мозгового кровотока. Нижний предел мозговой ауторегуляции — показатель весьма непостоянный, зависящий от исходного состояния пациента, а также наличия сопутствующих заболеваний. Снижение показателей перфузионного давления ниже минимальных значений ауторегуляции кровотока в головном мозге — серьезный предиктор повышенного риска возникновения церебральной десатурации. Во время операции в положении сидя в условиях общей анестезии наблюдается широкий разброс значений минимальных показателей ауторегуляции, которые составляют от 50 до 80 мм рт.ст.

Наиболее эффективный метод лечения артериальной гипотонии в положении шезлонга для предотвращения возникновения нарушения регионарной оксигенации не определен. Использование норэпинефрина с целью лечения артериальной гипотонии в положении сидя увеличивает показатели преднагрузки сердца, за счет этого происходит повышение артериального давления. Однако данный препарат может вызывать вазоконстрикцию интракраниальных структур, что может привести

к значительному снижению регионарной оксигенации и повысить риск развития неврологических осложнений [32]. Выбор оптимальной концентрации норэпинефрина для поддержания необходимого уровня артериального давления является способом профилактики возникновения неврологических осложнений в периоперационном периоде.

### Заключение

В литературе описаны случаи возникновения серьезных неврологических осложнений у пациентов, перенесших операцию на плечевом суставе в положении шезлонга. Несмотря на то что причины этих нежелательных явлений до сих пор не ясны, предполагается, что они являются вторичными проявлениями при развитии артериальной гипотонии и гипоперфузии головного мозга. В нескольких клинических исследованиях изучалось влияние положения сидя на показатели доставки и потребления кислорода в головном мозге за счет определения уровня среднего артериального давления, регионарную оксигенацию и кровообращение головного мозга, показатели уровня биспектрального индекса. В результате связь между изменениями данных показателей и неблагоприятными исходами не была четко продемонстрирована. Наиболее подходящие методы лечения возникшей артериальной гипотонии и критические ее значения также не определены. Вероятнее всего, необходимо поддерживать показатели среднего артериального давления как можно ближе к исходным значениям до операции и избегать эпизодов гипотензии во время операции.

В клинической практике можно использовать ряд рекомендаций с целью улучшения оксигенации мозга в положении сидя, которые включают использование спектрометрии, предотвращение гипервентиляции во время общей анестезии, применение регионарной анестезии с медикаментозной седацией.

С целью повышения безопасности пациентов при оперативных вмешательствах в положении сидя необходимо проведение дальнейших клинических исследований, направленных на оптимизацию тактики периоперационного ведения данных пациентов.

### Литература

1. Li X. et al. A comparison of the lateral decubitus and beach-chair positions for shoulder surgery: advantages and complications // *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. — 2015. — V. 23. — №. 1. — P. 18-28. doi: 10.5435/JAAOS-23-01-18.
2. Luostarinen T. et al. Prone versus sitting position in neurosurgery—differences in patients' hemodynamic management // *World neurosurgery*. — 2017. — V. 97. — P. 261-266. doi:10.1016/j.wneu.2016.10.005.
3. Pohl A., Cullen D. J. Cerebral ischemia during shoulder surgery in the upright position: a case series // *Journal of clinical anesthesia*. — 2005. — V. 17. — №. 6. — P. 463-469. doi: 10.1016/j.jclinane.2004.09.012.
4. Drummond J. C., Lee R. R., Howell Jr J. P. Focal cerebral ischemia after surgery in the «beach chair» position: the role of a congenital variation of circle of Willis anatomy // *Anesthesia & Analgesia*. — 2012. — V. 114. — №. 6. — P. 1301-1304. doi: 10.1213/ANE.0b013e31823aca46.
5. Villevieille T. et al. Arthroscopic shoulder surgery and ischemic cerebral complications // *Annales francaises d'anesthesie et de reanimation*. — 2012. — V. 31. — №. 11. — P. 914-918. doi: 10.1016/j.annfar.2012.08.010.
6. Wong F. Y. et al. Tissue oxygenation index measured using spatially resolved spectroscopy correlates with changes in cerebral blood flow in newborn lambs // *Intensive care medicine*. — 2009. — V. 35. — №. 8. — P. 1464-1470. doi: 10.1007/s00134-009-1486-4.
7. Rasmussen M. B. et al. Quantifying cerebral hypoxia by near-infrared spectroscopy tissue oximetry: the role of arterial-to-venous blood volume ratio // *Journal of biomedical optics*. — 2017. — V. 22. — №. 2. — P. 025001. doi: 10.1117/1.JBO.22.2.025001.
8. de Tournay-Jetté E. et al. The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass graft surgery // *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. — 2011. — V. 25. — №. 1. — P. 95-104. doi: 10.1053/j.jvca.2010.03.019.
9. Casati A. et al. Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia // *Anesthesia & Analgesia*. — 2005. — V. 101. — №. 3. — P. 740-747. doi: 10.1213/01.ane.0000166974.96219.cd.
10. Plachky J. et al. Regional cerebral oxygen saturation is a sensitive marker of cerebral hypoperfusion during orthotopic liver transplantation // *Anesthesia & Analgesia*. — 2004. — V. 99. — №. 2. — P. 344-349. doi: 10.1213/01.ANE.0000124032.31843.61.
11. Salazar D. et al. Neurocognitive deficits and cerebral desaturation during shoulder arthroscopy with patient in beach-chair position: a review of the current literature // *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. — 2016. — V. 45. — №. 3. — P. E63-8.
12. Murphy G. S. et al. Cerebral oxygen desaturation events assessed by near-infrared spectroscopy during shoulder arthroscopy in the beach chair and lateral decubitus positions // *Anesthesia & Analgesia*. — 2010. — V. 111. — №. 2. — P. 496-505. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181e33bd9.
13. Moerman A. T. et al. Cerebral oxygen desaturation during beach chair position // *European Journal of Anaesthesiology* | *EJA*. — 2012. — V. 29. — №. 2. — P. 82-87. doi: 10.1097/EJA.0b013e328348ca18.
14. Closhen D. et al. Influence of beach chair position on cerebral oxygen saturation: a comparison of INVOS and FORE-SIGHT cerebral oximeter // *Journal of neurosurgical anesthesiology*. — 2013. — V. 25. — №. 4. — P. 414-419. doi: 10.1097/ANA.0b013e3182973349.
15. Songy C. E. et al. The effect of the beach-chair position angle on cerebral oxygenation during shoulder surgery // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2017. — V. 26. — №. 9. — P. 1670-1675. doi: 10.1016/j.jse.2017.03.018.
16. Mori Y. et al. Cerebral oxygenation in the beach chair position before and during general anesthesia in patients with and without cardiovascular risk factors // *Journal of clinical anesthesia*. — 2015. — V. 27. — №. 6. — P. 457-462. doi: 10.1016/j.jclinane.2015.06.007.
17. Smelt W. L., De Lange J. J., Booij L. H. Cardiorespiratory effects of the sitting position in neurosurgery // *Acta Anaesthesiologica Belgica*. — 1988. — V. 39. — №. 4. — P. 223-231. doi: 10.1097/00132586-198102000-00033.
18. Pin-on P., Schroeder D., Munis J. The hemodynamic management of 5177 neurosurgical and orthopedic patients who underwent surgery in the sitting or «beach chair» position without incidence of adverse neurologic events // *Anesthesia & Analgesia*.

- 2013. — V. 116. — №. 6. — P. 1317-1324. doi: 10.1213/ANE.0b013e31828446bb.
19. YaDeau J. T. et al. Stroke, regional anesthesia in the sitting position, and hypotension: a review of 4169 ambulatory surgery patients // *Regional Anesthesia & Pain Medicine*. — 2011. — V. 36. — №. 5. — P. 430-435-430-435. doi: 10.1097/AAP.0b013e318228d54e.
20. YaDeau J. T. et al. Cerebral oximetry desaturation during shoulder surgery performed in a sitting position under regional anesthesia // *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. — 2011. — V. 58. — №. 11. — P. 986-992. doi: 10.1007/s12630-011-9574-7.
21. Trentman T. L. et al. More hypotension in patients taking antihypertensives preoperatively during shoulder surgery in the beach chair position // *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. — 2011. — V. 58. — №. 11. — P. 993. doi: 10.1007/s12630-011-9575-6.
22. Ozzeybek D. et al. Comparison of the haemodynamic effects of interscalene block combined with general anaesthesia and interscalene block alone for shoulder surgery // *Journal of international medical research*. — 2003. — V. 31. — №. 5. — P. 428-433. doi: 10.1177/147323000303100512.
23. Kurth C. D. et al. Cerebral oxygen saturation-time threshold for hypoxic-ischemic injury in piglets // *Anesthesia & Analgesia*. — 2009. — T. 108. — №. 4. — P. 1268-1277. doi: 10.1213/ane.0b013e318196ac8e.
24. Laflam A. et al. Shoulder surgery in the beach chair position is associated with diminished cerebral autoregulation but no differences in postoperative cognition or brain injury biomarker levels compared with supine positioning: the anesthesia patient safety foundation beach chair study // *Anesthesia and analgesia*. — 2015. — V. 120. — №. 1. — P. 176. doi: 10.1213/ANE.0000000000000455.
25. Lee S. W. et al. Effect of beach chair position on bispectral index values during arthroscopic shoulder surgery // *Korean journal of anesthesiology*. — 2014. — V. 67. — №. 4. — P. 235. doi: 10.4097/kjae.2014.67.4.235.
26. Aguirre J. et al. Cerebral oxygenation in patients undergoing shoulder surgery in beach chair position: comparing general to regional anesthesia and the impact on neurobehavioral outcome // *Revista española de anestesiología y reanimación*. — 2014. — V. 61. — №. 2. — P. 64-72. doi: 10.1016/j.redar.2013.08.002
27. Aguirre J. A. et al. Cerebral oxygenation in the beach chair position for shoulder surgery in regional anesthesia: impact on cerebral blood flow and neurobehavioral outcome // *Journal of clinical anesthesia*. — 2016. — V. 35. — P. 456-464. doi: 10.1016/j.jclinane.2016.08.035.
28. Gillespie R. et al. The safety of controlled hypotension for shoulder arthroscopy in the beach-chair position // *JBJS*. — 2012. — V. 94. — №. 14. — P. 1284-1290. doi: 10.2106/JBJS.J.01550.
29. Salazar D. et al. Cerebral desaturation events during shoulder arthroscopy in the beach chair position: patient risk factors and neurocognitive effects // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2013. — V. 22. — №. 9. — P. 1228-1235. doi: 10.1016/j.jse.2012.12.036.
30. Murphy G. S. et al. Effect of ventilation on cerebral oxygenation in patients undergoing surgery in the beach chair position: a randomized controlled trial // *British journal of anaesthesia*. — 2014. — V. 113. — №. 4. — P. 618-627. doi: 10.1093/bja/aeu109.
31. Koh J. L. et al. Neer Award 2012: cerebral oxygenation in the beach chair position: a prospective study on the effect of general anesthesia compared with regional anesthesia and sedation // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2013. — V. 22. — №. 10. — P. 1325-1331. doi: 10.1016/j.jse.2013.01.035.
32. Soeding P. F. et al. Effect of norepinephrine on the haemodynamic state and cerebral oxygen saturation during anaesthesia in the upright position // *British journal of anaesthesia*. — 2013. — V. 111. — №. 2. — P. 229-234. doi: 10.1093/bja/aet024.