

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Минин А.С.<sup>1,2,3</sup>, Шень Н.П.<sup>1,2</sup>, Панов И.Д.<sup>1,4</sup>, Бем С.А.<sup>2,3</sup>

## ВЛИЯНИЕ ГАЗОВОГО СОСТАВА КРОВИ И ПАРАМЕТРОВ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ НА ПРОГНОЗ МЕДИЦИНСКОЙ ЭВАКУАЦИИ ПАЦИЕНТОВ В КРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет, кафедра акушерства, гинекологии и реаниматологии с курсом клинико-лабораторной диагностики, 625023, Тюмень, Россия;

<sup>2</sup>ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница №1», 625032 Тюмень, Россия;

<sup>3</sup>Территориальный центр медицины катастроф Тюменской области, 625032 Тюмень, Россия;

<sup>4</sup>ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница №2», 625039 Тюмень, Россия

*Несмотря на то, что клиническая оценка всегда остается одним из основных компонентов контроля за состоянием пациента, на сегодняшний день становятся необходимыми более точные и объективные показатели. Анализ газов артериальной крови остается фундаментом, на котором базируется выбор оптимального режима искусственной вентиляции легких. Медицинская эвакуация пациентов, находящихся в критическом состоянии, часто требует коррекции параметров респираторной поддержки. Проведенные исследования показали, что прогностическим признаком неблагоприятного исхода в первые трое суток от момента медицинской эвакуации являются гиперкапния, сохраняющаяся в процессе транспортировки, не смотря на коррекцию параметров респираторной поддержки, снижение сатурации артериальной крови. Прогноз медицинской эвакуации также находится в прямой корреляционной связи с выраженностью ацидоза, а на момент завершения трансфера наибольшей прогностической значимостью обладают низкий уровень парциального напряжения кислорода в артерии. Применение портативного экспресс-анализатора газов крови позволяет осуществлять коррекцию параметров респираторной поддержки и повышать качество и безопасность медицинской эвакуации пациентов.*

**Ключевые слова:** *прикроватные методы лабораторной диагностики; point of care; газовый состав крови; искусственная вентиляция легких; реанимация, интенсивная терапия; медицина катастроф; транспортировка пациентов.*

**Для цитирования:** Минин А.С., Шень Н.П., Панов И.Д., Бем С.А. Влияние газового состава крови и параметров искусственной вентиляции легких на прогноз медицинской эвакуации пациентов в критическом состоянии. *Клиническая лабораторная диагностика.* 2020;65 (2): 84-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-2-84-89>

*Minin A.S.<sup>1,2,3</sup>, Shen N.P.<sup>1,2</sup>, Panov I.D.<sup>1,4</sup>, Bem S.A.<sup>2,3</sup>*

### INFLUENCE OF THE BLOOD GAS COMPOSITION AND MECHANICAL VENTILATION PARAMETERS OF THE MEDICAL EVACUATION PROGNOSIS OF CRITICALLY ILL PATIENTS

<sup>1</sup>FGBOU VO Tyumen State Medical University, Department of obstetrics, gynecology and resuscitation with a course of clinical and laboratory diagnostics, 625023, Tyumen, Russia;

<sup>2</sup>GBUS TO «Regional clinical hospital №1», 625032, Tyumen, Russia;

<sup>3</sup>Territorial center of disaster medicine of Tyumen region, 625032, Tyumen, Russia;

<sup>4</sup>GBUS TO «Regional clinical hospital №2», 625039, Tyumen, Russia

*The clinical estimation of the state of patient is one of the basic components of the checking of the state of patient, but more precise and more objective indices today become necessary. The arterial blood gases analysis helps to select the optimum regime of mechanical ventilation. The medical evacuation of the critically ill patients frequently requires the correction of the parameters of respiratory support. The conducted investigations showed that the prognostics of unfavorable outcome within the first three days from the moment of the medical evacuation are hypercapnia, which exists during the process of evacuation in spite of the correction of the parameters of mechanical ventilation, reduction in the saturation of the arterial blood. The forecast of the medical evacuation is located as well in the direct correlation with the manifestation of acidosis, and at the moment of the completion of the transfer of the patient the greatest prognostic significance they possess the low level of the partial tension of oxygen in the artery. The application of a portable express- analyzer of blood gases permits implementation of correction parameters of respiratory support and to increase quality and safety of the medical evacuation of patients.*

**Key words:** *point-of-care; blood gases analysis; mechanical ventilation; resuscitation; intensive care; disaster medicine; the transfer of the patients.*

**For citation:** Minin A.S., Shen N.P., Panov I.D., Bem S.A. Influence of the blood gas composition and mechanical ventilation parameters of the medical evacuation prognosis of critically ill patients. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika (Russian Clinical Laboratory Diagnostics).* 2020; 65 (2): 84-89 (in Russ.) DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-2-84-89>

**For correspondence:** Shen N.P., the doctor of medical sciences, chairman of department of obstetrics, gynecology and resuscitation with a course of clinical and laboratory diagnostic; e-mail: [nataliashen@rambler.ru](mailto:nataliashen@rambler.ru)

#### Information about authors:

Minin A.S., <https://orcid.org/0000-0002-9600-5580>

Shen N.P., <https://orcid.org/0000-0002-3256-0374>

**Conflict of interests.** *The authors declare absence of conflict of interests.*

**Acknowledgment.** *The study had no sponsor support.*

Received 10.11.2019  
Accepted 20.11.2019

**Для корреспонденции:** Шень Наталья Петровна, д-р мед. наук, зав. каф. акушерства, гинекологии и реаниматологии с курсом клин.-лаб. диагностики; e-mail: [nataliashen@rambler.ru](mailto:nataliashen@rambler.ru)

**Введение.** За последние несколько десятилетий количество отделений интенсивной терапии и реанимационных коек во всем мире имеет устойчивую тенденцию к росту, но также большое и постоянно растущее число критически больных пациентов требует перевода между отделениями интенсивной терапии как внутри одного стационара, так и на большие расстояния [10]. Признание того, что централизация специализированной помощи связана со снижением уровня смертности, может привести к новому потоку трансферов [15, 26]. Недавнее исследование, проведенное в США, показало, что за 1 год благодаря переводу в другую, более квалифицированную больницу, или специализированное отделение, могли бы быть спасены жизни 4000 больных [18].

Перевод тяжелобольных пациентов в отделение реанимации и интенсивной терапии из одной медицинской организации в другую, безусловно, призван улучшить прогноз. Сам транспорт должен быть максимально безопасным и не должен представлять дополнительных рисков для пациента. Проблемы с кровообращением или вентиляцией легких могут возникнуть как в машине скорой помощи, так и при транспортировке внутри стационара [4, 6, 9, 21, 32]. Основной целью всех межгоспитальных медицинских эвакуаций является сохранение непрерывности оказания медицинской помощи и повышение ее качества.

Транспортировка пациента в критическом состоянии является потенциально дестабилизирующим фактором с риском развития вторичных, в том числе, и ятрогенных осложнений. Поскольку транспортируются больные, находящиеся в отделении реанимации с нарушениями витальных функций, встает вопрос об интегративной оценке исходной тяжести состояния больного, более скрупулезного учета степени компенсации функции витальных систем, являющихся предикторами безопасной эвакуации. Процесс транспортировки, как правило, связан с риском развития нежелательных событий и критических инцидентов. Как нередко указывают авторы обзоров, посвященных медицинской эвакуации, частота нежелательных явлений и декомпенсации жизненно важных функций пропорциональна продолжительности транспортировки, тяжести заболевания или травмы перед трансфером, и неопытности медицинского сопровождения [3, 19, 20, 29,30].

Ключевыми элементами безопасной транспортировки являются предварительная стабилизация и подготовка к трансферу, выбор соответствующего способа транспортировки, т. е. наземного или воздушного транспорта, персонала, сопровождающего пациента, оборудования и мониторинга, необходимых во время трансфера. Эти ключевые элементы должны соблюдаться в каждом случае, чтобы предотвратить любые неблагоприятные события, которые могут серьезно повлиять на прогноз.

Поскольку перевод пациента может вызвать различные физиологические изменения, которые способны отрицательно повлиять на прогноз заболевания или критического состояния, его следует инициировать в соответствии с научно обоснованными рекомендациями. Для безопасного выполнения перевода пациента были предложены различные руководства, разработанные профессиональными организациями (Американский колледж критической медицины, общество критической медицины, общество интенсивной терапии, Ассоциация анестезиологов Великобритании и Ирландии и педиатрическое общество интенсивной терапии).

Все авторы указывают на необходимость мониторинга показателей витальных функций в процессе подготовки и проведения эвакуации. В частности, в руководстве по транспортировке пациентов штата Иллинойс (США) [31] указано, что в каждой больнице должен быть формализованный план внутри- и межбольничного трансфера, в котором рассматриваются координация и вид транспорта; сопровождающий персонал; транспортное оборудование; мониторинг и документация. В Индийском руководстве по межбольничному трансферу также указывается, что ключевыми элементами безопасной транспортировки являются своевременное решение о переводе, предварительная стабилизация и предтранспортировочная подготовка, выбор подходящего способа передачи, квалификация персонала, сопровождающего пациента, состав и опции оборудования, а также адекватный контроль за состоянием пациента в пути, что важно для предотвращения любых нежелательных явлений, которые могут серьезно повлиять на прогноз [22].

В Российской Федерации на межрегиональном уровне экстренную консультативную медицинскую помощь и эвакуацию пациентов осуществляют федеральные специализированные медицинские организации, расположенные на территории федерального округа. На региональном уровне эту помощь оказывают территориальные центры медицины катастроф, региональные многопрофильные больницы (взрослые и детские) и перинатальные центры. В методических рекомендациях по организации оказания экстренной консультативной медицинской помощи и проведения медицинской эвакуации [1] отмечается, что решение о транспортируемости пациента принимает врач-консультант выездной консультативной бригады специализированной медицинской помощи или борт-врач авиамедицинской бригады при очной или телемедицинской консультации, а подготовку пациента к эвакуации проводит персонал медицинской организации, в которой он находится; результат подготовки согласовывается с руководителем выездной бригады. Между тем, в прописанном в этом документе стандарте оснащения не содержится никакого мобильного лабораторного оборудования, кроме глюкометра.

Во время транспортировки не должен прекращаться ни на минуту мониторинг пациента и поддержание его витальных функций. Наиболее тяжелые больные, для которых транспортировка представляет риск, это пациенты, находящиеся на искусственной вентиляции легких (ИВЛ), особенно те, кто нуждается в применении высоких уровней положительного давления конца выдоха (РЕЕР) – более 5 см. H<sub>2</sub>O и во введении вазоактивных препаратов, таких как добутамин, допамин, норадреналин [6, 17, 28].

Постоянный мониторинг также позволяет предупредить о проявлениях риска развития суб- и декомпенсации (гипоксемии и гипотензии) и своевременно их ликвидировать. Мониторинг также сигнализирует об угрожающих изменениях в состоянии больного и необходимости немедленно применять меры по ликвидации возникших нарушений (например, о дисконнекции контура дыхательного аппарата). В руководстве по организации неотложных процедур M.S. Jastremski и соавт. [16] подчеркивают необходимость соответствия объема мониторинга в процессе транспортировки объему, получаемому пациентом в отделении интенсивной

терапии (при наличии технических возможностей). Авторы также рекомендуют выделять минимальный и максимальный объём мониторинга. Минимальный объём мониторинга должен осуществляться в процессе любого трансфера и включать в себя контроль АД, ЧСС и SpO<sub>2</sub>. Максимальный объём, имеющийся в распоряжении транспортной бригады, должен быть использован у наиболее нестабильных пациентов [11, 23].

Чтобы оптимизировать проведение ИВЛ и свести к минимуму ее осложнения, врачу важно иметь информацию, отражающую адекватность вентиляции и оксигенации. Хотя клиническая оценка всегда остается одним из основных компонентов контроля за состоянием пациента, на сегодняшний день становятся необходимыми более точные и объективные показатели. Этим целям служат как инвазивные, так и неинвазивные методы, каждый из которых имеет свои, присущие ему достоинства и недостатки, ограничения к применению и возможные осложнения, возникающие порой непосредственно в процессе получения информации.

Анализ газов артериальной крови, pH, PCO<sub>2</sub>, PO<sub>2</sub>, и концентрация бикарбонатов остаются фундаментом, на котором базируется выбор режима ИВЛ [2, 25]. Пробы крови могут отбираться как путем периодической пункции периферических артерий, так и с помощью постоянных катетеров, позволяющих осуществлять постоянный контроль артериального давления, а также транскутанно [2, 12, 13]. Между тем, до настоящего времени единых методологических подходов к оценке тяжести витальных функций больных в критических состояниях в процессе медицинской эвакуации предложено не было, а газоанализатор не включен в стандарты оснащения мобильных бригад. Таким образом, транспортировка критически больных пациентов, ее качество и результаты, тесно связаны с получением точных и надежных данных, какими, на наш взгляд, являются показатели газового состава артериальной крови пациентов, находящихся на ИВЛ в процессе медицинской эвакуации.

Цель исследования: оценить влияние газового состава крови и параметров искусственной вентиляции легких в процессе медицинской эвакуации пациентов на формирование неблагоприятного прогноза.

**Материал и методы.** Проведена медицинская эвакуация 23 пациентов в возрасте 53,4±3,1 [33; 86] лет, 15 (65,2%) из которых были мужского пола и 8 (34,8%) женского. Среднее расстояние между медицинскими организациями (МО) составило 101,6±8,6 [70; 251] км. В нозологической структуре группы больных не было доминирующей патологии и примерно в равной мере оказались представлены такие нозологии, как тяжелая сочетанная травма, острые отравления, абдоминальный сепсис и сепсис других локализаций, кома неясной этиологии и тяжелая термическая травма. Все пострадавшие были эвакуированы из МО I и II уровня на III уровень в связи с необходимостью дополнительной диагностики, проведения жизнеподдерживающих мероприятий и высокотехнологичной медицинской помощи, не доступной в первичной МО. У всех пациентов было зарегистрировано развитие синдрома полиорганной недостаточности (СПОН) по 2,7±0,28 [2, 6] системам. У 7 пациентов (30,4%) развился летальный исход в первые трое суток от момента эвакуации.

Всем больным на этапе первой МО была начата ИВЛ, которая продолжалась и в процессе эвакуации. Параметры ИВЛ регулировались по показателям биомеханики

дыхания и состоянию газового состава крови, который определялся на 3 этапах эвакуации: перед началом транспортировки, в ее процессе, и на момент окончания. Также оценивались показатели гемодинамики: систолическое, диастолическое и среднее артериальное давление, частота сердечных сокращений. На всех трех этапах у пациентов выполнялась оценка жизненно важных функций организма по интегральным прогностическим шкалам. Высшая нервная деятельность оценивалась по шкале FOUR (предусмотренной для оценки уровня нарушения сознания у пациентов на ИВЛ), а также шкале седации RASS. Выраженность органной дисфункции – по шкалам SOFA, NEWS и MEWS, определялся индекс коморбидности Чарлсона.

ИВЛ в процессе проведения эвакуации осуществлялась транспортным аппаратом, у которого в качестве привода используется встроенная турбина как дополнительный источник сжатого газа, при этом не требуется применение компрессора. Также был использован пневматический аппарат ИВЛ. В процессе проведения подготовки к эвакуации в состоянии готовности к работе приводились оба аппарата и далее, в зависимости от состояния биомеханики дыхания и газового состава крови, выполнялся подбор аппарата и режима ИВЛ. При отсутствии высокой потребности в кислороде выбор чаще делался в пользу турбинного аппарата, т.к. возможности пневматического предусматривали проведение ИВЛ с фракцией кислорода во вдыхаемой смеси (FiO<sub>2</sub>) не ниже 0,5 (0,5 или 1,0), что при длительной эвакуации могло вызывать гипоканию и гипероксию. Также выбор турбинного аппарата осуществлялся в случае необходимости измерения парциальной концентрации CO<sub>2</sub> в конце выдоха, комплайнса и резистентности легочной ткани. Следует также отметить, что аппараты различались чувствительностью триггерной системы и при неровной дороге более тонко настроенный триггер мог принять за попытку вдоха колебания автомобиля. С другой стороны, менее чувствительный триггер требовал применения миоплегии, так как при попытках вдоха не всегда позволял синхронизировать дыхание пациента и респиратора.

Газовый состав крови оценивали с помощью портативного экспресс-анализатора газов крови, электролитов, гематокрита, метаболитов технологией SmartCard (измерительные карты со встроенным чипом биосенсоров) и беспроводной передачей данных с помощью Bluetooth и Wi-Fi. Особенностью измерительных карт одноразового использования (картриджей) было то, что они не нуждаются в специальном температурном режиме, могут использоваться вместе с анализатором в любой момент и в любом месте, где требуется экстренная медицинская помощь, в том числе, в службе медицине катастроф. Время получения данных от момента взятия крови до результата в распечатанном виде составляло в среднем 3 минуты.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью функций пакета анализа программы Microsoft excel, связь факторов между собой оценивалась с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена, определение статистической значимости различий средних величин в двух выборках – в группе выживших и умерших пациентов – определялись с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Исходные данные проверялись на нормальность, распределение было признано нормальным.

**Результаты.** У всех пациентов в начале медицинской эвакуации (1 этап исследования) отмечался ацидоз, который имел тенденцию к регрессу на 3 этапе. Между тем, на момент прибытия в МО III уровня в группе выживших этот показатель становился нормальным, в то время как в группе умерших ацидоз купирован не был ( $pH\ 7,26 \pm 0,06$ ). Статистически значимо нарастала к 3 этапу в группе умерших пациентов гиперкапния ( $раСО_2\ 50,8 \pm 7,3$  мм рт.ст. в сравнении с  $33,4 \pm 3,5$  мм рт.ст. в группе выживших,  $p=0,04$ ) не смотря на коррекцию параметров респираторной поддержки, причем уровень парциального напряжения кислорода в артериальной крови ( $раO_2$ ) в обеих группах был нормальным и статистически не различался между группами на соответствующих этапах исследования.

С первого этапа у пациентов имел место дефицит бикарбонатов, который, впрочем, был умеренным и не имел статистически значимых отличий между группами. Важным критерием газообмена является показатель сатурации артериальной крови ( $SраO_2$ ). Динамическое наблюдение показало, что в то время как в группе выживших пациентов данный параметр оставался относительно стабильным, и даже имел тенденцию к росту к моменту прибытия пациента в МО III уровня, в группе умерших отмечалось снижение  $SраO_2$ . Сравнение между группами показало статистически значимые отличия в пользу выживших пациентов ( $97,9 \pm 0,7\%$  против  $89,7 \pm 2,5\%$ ;  $p=0,006$ ).

Образование лактата в организме является показателем гипоперфузии тканей и анаэробного гликолиза. Представляют интерес данные о значении уровня лактата в качестве прогностического признака неблагоприятного исхода патологических процессов. Доказано, что повышение уровня лактата происходит раньше, чем изменения других показателей развивающегося неблагополучия в организме (гипотония, олигурия, снижение  $pH$  и др.) [14]. Этот показатель также оказался важен и для долгосрочного прогноза выживаемости пациентов после критического состояния. В нашем исследовании, как в начале транспортировки, так и к моменту ее окончания уровень лактата был повышен, причем на 1 этапе в группе умерших он был статистически значимо выше, чем в группе выживших ( $3,1 \pm 0,2$  ммоль/л против  $2,14 \pm 0,4$  ммоль/л;  $p=0,04$ ). Отличия нивелировались к моменту прибытия.

Избыток оснований (ВЕ) также подчеркивал выраженность ацидоза, что было характерно для обеих групп. Следует отметить, что, хотя по ряду позиций не было получено статистически значимых отличий (например, по уровню  $pH$  или  $раO_2$ ), в процессе транспортировки отчетливо прослеживалась положительная динамика показателей или, по крайней мере, их стабильное состояние, что может являться свидетельством отсутствия негативного влияния факторов эвакуации на метаболизм и газообмен пациентов (табл. 1).

Корреляционный анализ, проведенный в сплошной выборке, без деления на группы, показал, что ряд показателей газового состава крови ассоциируется с неблагоприятным исходом. Именно в сплошной выборке такую зависимость продемонстрировал показатель  $pH$  крови: на всех этапах транспортировки он находился в прямой корреляционной связи с неблагоприятным прогнозом, т.е. чем более выражен был ацидоз, тем выше была вероятность летального исхода (первый этап  $r=0,32$ , второй этап  $r=0,44$ , третий этап  $r=0,51$ ; ( $p<0,05$ )), причем с

каждым этапом эта связь становилась все более тесной. Схожая тенденция прослеживалась и по уровню  $раO_2$ , причем, если на первом и втором этапах корреляции с неблагоприятным исходом нет (первый этап  $r=0,03$ , второй этап  $r=-0,13$ ;  $p>0,05$ ), третий этап показал обратную связь: чем ниже уровень  $раO_2$ , тем выше вероятность летального исхода (третий этап  $r=-0,37$ ;  $p<0,05$ ).

В соответствии с  $раO_2$  находилась и  $SраO_2$ , которая также приобретала обратную корреляционную связь с неблагоприятным прогнозом к моменту окончания транспортировки (первый этап  $r=0,001$ , второй этап  $r=-0,20$ , третий этап  $r=-0,43$  ( $p<0,05$ )). Обращает на себя внимание, что в сплошной выборке такие показатели, как уровень  $раСО_2$ , ВЕ и  $HCO_3$  не показали связи с неблагоприятным исходом. В то же время, оценка различий средних величин раздельно – в группе выживших и умерших пациентов выявила статистически значимое накопление  $СО_2$  в группе умерших пациентов, что свидетельствовало о неадекватном газообмене.

В процессе транспортировки в 12 случаях из 18 выполнялась коррекция параметров искусственной вентиляции легких. Так, при снижении показателя  $раСО_2$  снижали ЧД, при снижении  $SраO_2$  увеличивали положительное давление конца выдоха (РЕЕР) и/или фракцию кислорода во вдыхаемой смеси ( $FiO_2$ ). По-видимому, в связи с этим не было выявлено отличий между группами как по ЧД, так и по уровню  $FiO_2$ . Вместе с тем, на 2 этапе уровень РЕЕР был статистически значимо выше в группе умерших пациентов ( $7,7 \pm 1,0$  см  $H_2O$  против  $5,3 \pm 0,2$  см  $H_2O$ ;  $p=0,02$ ). Не смотря на повышение РЕЕР, дыхательный объем ( $Vt$ ) в группе умерших паци-

Таблица 1

Показатели газового состава крови на этапах медицинской эвакуации у выживших и умерших пациентов

Показатели на этапах исследования	Результаты измерений в группах		Критерии значимости		
	Выжившие пациенты, n=13	Умершие пациенты, n=5	t	p	
pH	1 этап	7,28±0,06	7,12±0,1	1,37	0,19
	2 этап	7,24±0,06	7,29±0,1	0,43	0,6
	3 этап	7,37±0,05	7,26±0,06	1,41	0,06
раСО <sub>2</sub> мм рт.ст.	1 этап	36,3±6,1	38,5±8,7	0,22	0,82
	2 этап	38,1±8,1	44,5±6,0	0,64	0,5
	3 этап	33,4±3,5	50,8±7,3	2,15	0,04
раO <sub>2</sub> мм рт.ст.	1 этап	100,4±10	129,0±14,2	1,66	0,11
	2 этап	115,3±26	116,2±15,1	0,06	0,94
	3 этап	114,7±14	94,4±16,0	0,95	0,35
HCO <sub>3</sub> ммоль/л	1 этап	19,6±3,4	21,2±10,7	0,15	0,88
	2 этап	19,2±6,0	22,2±6,0	0,35	0,72
	3 этап	21,0±2,9	23,2±4,7	0,49	0,62
SраO <sub>2</sub> , %	1 этап	95,4±1,4	95,6±1,9	0,14	0,88
	2 этап	94,3±2,6	96,6±1,4	1,03	0,31
	3 этап	97,9±0,7	89,7±2,5	3,16	0,006
Лактат, ммоль/л	1 этап	2,14±0,4	3,1±0,2	2,15	0,04
	2 этап	2,2±0,6	1,9±0,3	0,45	0,66
	3 этап				
ВЕ	1 этап	-8,94±4,9	-4,55±11,4	0,38	0,71
	2 этап	-9,67±7,9	-6,6±6,1	0,33	0,74
	3 этап	-5,78±3,7	-3,05±4,3	0,50	0,62

Таблица 2

**Параметры искусственной вентиляции легких на этапах медицинской эвакуации у выживших и умерших пациентов**

Показатели на этапах исследования	Результаты измерений в группах		Критерии значимости	
	Выжившие пациенты, n=13	Умершие пациенты, n=5	t	p
ЧД, в 1 мин				
1 этап	14,5±0,6	15,6±0,6	1,3	0,21
2 этап	14,3±0,7	15,2±0,8	0,85	0,41
3 этап	15,0±0,8	14,8±1,0	0,16	0,87
FiO <sub>2</sub>				
1 этап	39,1±3,8	26,0±6,0	0,78	0,44
2 этап	45,2±5,2	27,0±1,5	0,40	0,69
3 этап	40,8±3,5	27,0±1,6	0,24	0,81
PEEP, см H <sub>2</sub> O				
1 этап	4,8±0,4	7,2±1,4	1,68	0,11
2 этап	5,3±0,2	7,7±1,0	2,40	0,02
3 этап	6,1±0,7	8,2±1,2	1,55	0,14
I:E*				
1 этап	1,85±0,1	1,90±0,1	0,35	0,72
2 этап	1,80±0,1	1,90±0,07	0,82	0,42
3 этап	1,87±0,5	1,67±0,19	0,37	0,71
Vt, мл/кг				
1 этап	543±54,8	550±43,5	0,10	0,92
2 этап	538±14,8	512±12,5	1,41	0,17
3 этап	609±54,1	473±26,2	2,27	0,03
PAP, см H <sub>2</sub> O				
1 этап	21,2±1,4	24,3±4,0	0,73	0,47
2 этап	19,2±1,3	27,0±6,4	1,17	0,25
3 этап	20,3±1,6	24,1±3,7	0,92	0,37
MV, л/мин				
1 этап	8,3±0,4	8,1±0,3	0,40	0,69
2 этап	7,6±0,5	8,4±0,5	1,13	0,27
3 этап	9,0±0,5	7,6±0,4	2,19	0,04

Примечание. \* – длительность выдоха, исходя из соотношения, что вдох = 1.

ентов не рос, и к 3 этапу был статистически значимо ниже (473±26,2 мл/кг против 609±54,1 мл/кг;  $p=0,03$ ), что свидетельствовало о ригидности альвеол и их неспособности к растяжению. Это подтверждалось и снижением минутной вентиляции легких (MV), которая была значимо ниже также в группе умерших (7,6±0,4 л/мин против 9,0±0,5 л/мин;  $p=0,04$ ), табл. 2.

Корреляционный анализ, проведенный в сплошной выборке, также показал, что необходимость смены режима ИВЛ в процессе транспортировки должна ориентировать специалистов на серьезность прогноза критического состояния. Так, изменение соотношения вдоха к выдоху в сторону удлинения вдоха (инверсия), обычно применяемое при нарушениях транспорта кислорода через альвеоло-капиллярную мембрану, имело место именно в группе пациентов с неблагоприятным прогнозом. Корреляция была обратной: чем меньше длительность выдоха, тем выше вероятность неблагоприятного прогноза (первый этап  $r=0,14$ ; второй этап  $r=-0,11$  ( $p>0,05$ ); третий этап  $r=-0,51$  ( $p<0,05$ ), причем важен был именно динамический мониторинг, т.к. на первом этапе – в начале транспортировки – корреляционной связи соотношения I:E и прогноза эвакуации не прослеживалось.

**Обсуждение.** Медицинская эвакуация пациентов, как внутри- так и межбольничная, становится все более актуальной, как в России, так и во все мире. Данная тенденция связана с повышением доступности качественной медицинской помощи и развитием специализированных отделений реанимации. Чем более высока степень ри-

ска развития неблагоприятного исхода, тем чаще приходится выполнять транспортировку пациентов, в том, числе и внутри стационара – с целью выполнения дополнительных методов визуализации, проведения заместительной почечной терапии и т.д. Вместе с тем, качественная транспортировка пациентов невозможна без подробного мониторинга жизненно важных функций – гемодинамического, респираторного, лабораторного. Проведенное исследование подчеркнуло важность оценки газового состава крови. В частности, тяжести гиперкапнии, ацидоза и гипоксемии. Несмотря на прогностическую значимость оценки данных параметров, в Российской Федерации до сих пор нет стандарта оснащения транспортной бригады, осуществляющей эвакуацию пациентов, портативным лабораторным оборудованием, что, безусловно, необходимо. Проведенные исследования могут явиться веским аргументом в пользу пересмотра данной ситуации.

**Выводы.**

Прогностическим признаком неблагоприятного исхода в первые трое суток от момента медицинской эвакуации являются гиперкапния, сохраняющаяся в процессе транспортировки не смотря на коррекцию параметров респираторной поддержки и снижение SpaO<sub>2</sub> (89,7±2,5% против 97,9±0,7%;  $p=0,006$ ).

Прогноз медицинской эвакуации находится в прямой корреляционной связи с выраженностью ацидоза; связь усиливается от начала трансфера к его окончанию (первый этап  $r=0,32$ , второй этап  $r=0,44$ , третий этап  $r=0,51$ ;  $p<0,05$ ).

На момент завершения трансфера наибольшей прогностической значимостью обладают низкий уровень раО<sub>2</sub> ( $r=-0,37$ ;  $p<0,05$ ), SpaO<sub>2</sub> ( $r=0,43$ ;  $p<0,05$ ) и уменьшение Vt (473±26,2 мл/кг против 609±54,1 мл/кг;  $p=0,03$ ) не смотря на повышение уровня PEEP, а также вынужденная инверсия соотношения вдоха к выдоху.

Портативный экспресс-анализатор с технологией Smart Card является удобным и надежным инструментом мониторинга показателей газового состава крови, обеспечивающим полный объем информации для коррекции параметров ИВЛ и прогнозирования исхода медицинской эвакуации.

Безусловно, численность группы пациентов, вошедших в исследование, не велика, что может явиться некоторым ограничением. Вместе с тем, полученные статистически значимые отличия между группами могут явиться серьезным аргументом для продолжения изучения влияния газового состава крови, параметров биомеханики дыхания и респираторной поддержки на прогноз медицинской эвакуации пациентов в критическом состоянии. Не исключено, что некоторые тенденции, полученные в малой популяции, усилятся, или напротив, будут нивелированы. Также хотелось бы отметить, что уровень PEEP, применяемый в процессе транспортировки, как правило, не превышал 10 см H<sub>2</sub>O. Дискуссии по поводу его оптимального уровня для обеспечения адекватного раскрытия альвеол и газообмена продолжаются. Как слишком высокий уровень PEEP, так и низкий, не способствуют улучшению оксигенации.

В практике выбора параметров ИВЛ при лечении острого респираторного дистресс-синдрома были предложены различные протоколы по установке уровня PEEP, с одной стороны, чтобы избежать альвеолярного коллапса, с другой – для предотвращения баротравмы [5, 27]. Некоторые из предложенных стратегий исполь-

зуют таблицу значений РЕЕР, которые зависят от фракции кислорода во вдыхаемой смеси, в то время как другие основаны на индивидуальной оценке дыхательной механики. Протокол Express, разработанный А. Mercat и соавт. [24], например, состоит из достижения давления плато дыхательных путей до 28–30 см H<sub>2</sub>O с фиксированным V<sub>t</sub>, равным 6 мл/кг прогнозируемой массы тела. Авторы сообщили о значительном снижении заболеваемости, но не смертности. Поскольку давление в дыхательных путях является чрезмерно упрощенным эквивалентом повреждения легких у пациентов с аномальной эластичностью грудной стенки, может быть целесообразным подбор уровня РЕЕР, вызывающего растяжение легких по транспульмональному давлению. Между тем, данная методика пока не воспроизводима в условиях транспортировки пациентов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

#### ЛИТЕРАТУРА (пп. 2-32 см. REFERENCES)

1. Организация оказания экстренной консультативной медицинской помощи и проведения медицинской эвакуации: Методические рекомендации. М.: ФГБУ ВЦМК «Защита», 2014. (Библиотека Всероссийской службы медицины катастроф).

#### REFERENCES

1. Organization of rendering to special consultative medical aid and of conducting of the medical evacuation: the systematic recommendations. [Organizatsiya okazaniya ekstremnoy konsul'tativnoy meditsinskoy pomoshchi i provedeniya meditsinskoj evakuatsii: Metodicheskie rekomendatsii]. Moscow: FGBU VCMK «Zashchita»; 2014. (Библиотека Всероссийской службы медицины катастроф). (in Russian)
2. Al Ashry H.S., Richards J.B., Fisher D.F., Sankoff J., Seigel T.A., Angotti L.B., Wilcox S.R. Emergency Department Blood Gas Utilization and Changes in Ventilator Settings. *Respir. Care*. 2018;63(1): 36-42.
3. Barry P.W., Ralston C. Adverse events occurring during interhospital transfer of the critically ill. *Arch. Dis. Child*. 1994; 71: 8–11.
4. Beckmann U., Gillies D.M., Berenholtz S.M., Wu A.W., Pronovost P. Incidents relating to the intra-hospital transfer of critically ill patients. An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive Care Med*. 2004; 30(8):1579-85.
5. Bergez M., Fritsch N., Tran-Van D., Saghi T., Bounkim T., Gentile A., Labadie P., Fontaine B., Ouattara A., Rozé H. PEEP titration in moderate to severe ARDS: plateau versus transpulmonary pressure. *Annals of Intensive Care*. 2019; 9, Article number: 81.
6. Bergman L., Pettersson M., Chaboyer W., Carlström E., Ringdal M. Improving quality and safety during intrahospital transport of critically ill patients: A critical incident study. *Aust. Crit. Care*. 2019; Jan 21. pii: S1036-7314(18)30241-8.
7. Bergman L.M., Pettersson M.E., Chaboyer W.P., Carlström E.D., Ringdal M.L. Safety hazards during intrahospital transport: a prospective observational study. *Crit. Care Med*. 2017;45:e1043-e1049.
8. Bourn S., Wijesingha S., Nordmann G. Transfer of the critically ill adult patient. *B.J.A Education*. 2018; 18(3): 63-8.
9. Doherty P., Digby B. Analysis of critical incidents during the interhospital transport of critically ill patients. *Crit. Care*. 2007; 11(2): 502.
10. Droogh J.M., Smit M., Absalom A.R., Ligtenberg J.J.M., Zijlstra J.G. Transferring the critically ill patient: are we there yet? *Crit. Care*. 2015; 19(1): 62. Published online 2015 Feb 20.
11. Eiding H., Kongsgaard U.E., Braarud A.-C. Interhospital transport of critically ill patients: experiences and challenges, a qualitative study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med*. 2019; 27: 27. Published online 2019 Mar 4.

12. Fanari Z., Mohammed A.A., Bathina J.D., Hodges D.T., Doorey K., Gagliano N., Garratt K.N., Weintraub W.S., Doorey A.J. Inadequacy of Pulse Oximetry in the Catheterization Laboratory. An Exploratory Study Monitoring Respiratory Status Using Arterial Blood Gases during Cardiac Catheterization with Conscious Sedation. *Cardiovasc. Revasc. Med*. 2019;20(6):461-7.
13. Ge X., Adangwa P., Lim Y.J., Kostov Y., Tolosa L., Pierson R., Herr D., Rao G. Development and characterization of a point-of care rate-based transcutaneous respiratory status monitor. *Med. Eng. Phys*. 2018; 56: 36–41.
14. Geri G., Hernandez G., Vieillard-Baron A. Lactate kinetics in critically ill: a new prognostic marker or just another brick in the wall? *Intensive Care Medicine*. 2019; 45 (1): 113–4.
15. Iwashyna T.J., Christie J.D., Kahn J.M., Asch D.A. Uncharted paths: hospital networks in critical care. *Chest*. 2009; 135:827–33.
16. Jastremski M.S., Dumas M., Penalver L. Emergency procedures. *The American Journal of Emergency Medicine*. 1993; 11 (1): 90.
17. Jia L., Wang H., Gao Y., Liu H., Yu K. High incidence of adverse events during intra-hospital transport of critically ill patients and new related risk factors: a prospective, multicenter study in China. *Crit. Care*. 2016; 20:12.
18. Kahn J.M., Linde-Zwirble W.T., Wunsch H., Barnato A.E., Iwashyna T.J., Roberts M.S., et al. Potential value of regionalized intensive care for mechanically ventilated medical patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2008;177:285–91.
19. Kanter R.K., Tompkins J.M. Adverse events during interhospital transport: physiologic deterioration associated with pretransport severity of illness. *Pediatrics*. 1989;84:43–8.
20. Knight P.H., Maheshwari N., Hussain J., Scholl M., Hughes M., Papadimos T.J., Guo W.A., Cipolla J., Stawicki S.P., Latchana N. Complications during intrahospital transport of critically ill patients: Focus on risk identification and prevention. *Int. J. Crit. Illn. Inj. Sci*. 2015; 5(4):256-64.
21. Kreeftenberg H.G.Jr., Ligtenberg J.J., Arnold L.G., van der Werf T.S., Tulleken J.E., Zijlstra J.G. Condition on arrival of transferred critically ill patients. *Neth. J. Med*. 2000; 57(5):180-4.
22. Kulshrestha A., Singh J. Inter-hospital and intra-hospital patient transfer: Recent concepts. *Indian J. Anaesth*. 2016; 60(7): 451–7.
23. Ligtenberg J.J.M., Arnold L.G., Stienstra Y., van der Werf T.S., Meertens J.H.J.M., Tulleken J.E., et al. Quality of interhospital transport of critically ill patients: a prospective audit. *Crit. Care*. 2005;9:R446–51.
24. Mercat A., Richard J.-C.M., Vielle B., Jaber S., Osman D., Diehl J.-L., et al. Expiratory Pressure (Express) Study Group: positive end-expiratory pressure setting in adults with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2008; 299:646–55.
25. Moler F.W., Palmisano J.M., Custer J.R., Bartlett R.H. Mechanical ventilation and arterial blood gas measurements 24 hours postextracorporeal life support for survivors of pediatric respiratory failure. *Crit. Care Med*. 1996;24(4):679-82.
26. Mueller S.K., Fiskio J., Schnipper J. Interhospital Transfer: Transfer Processes and Patient Outcomes. *J. Hosp. Med*. 2019;14(8):486-91.
27. Rouby J.-J., Brochard L. Tidal recruitment and over inflation in acute respiratory distress syndrome: yin and yang. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2007;175:104–6.
28. Szem J.W., Hydo L.J., Fischer E., Kapur S., Klemperer J., Barie P.S. High-risk intrahospital transport of critically ill patients: safety and outcome of the necessary “road trip”. *Crit. Care Med*. 1995;23(10):1660-6.
29. Veiga V.C., Postalli N.F., Alvarisa T.K., Travassos P.P., Vale R.T.D.S., Oliveira C.Z., Rojas S.S.O. Adverse events during intrahospital transport of critically ill patients in a large hospital. *Rev. Bras. Ter. Intensiva*. 2019;31(1):15-20.
30. Wallen E., Venkataraman S.T., Grosso M.J., Kiene K., Orr R.A. Intrahospital transport of critically ill pediatric patients. *Crit. Care Med*. 1995; 23:1588–95.
31. Warren J., Fromm R.E.Jr., Orr R.A., Rotello L.C., Horst H.M. American College of Critical Care Medicine. Guidelines for the inter- and intrahospital transport of critically ill patients. *Crit. Care Med*. 2004; 32(1):256-62.
32. Waydhas C., Schneck G., Duswald K.H. Deterioration of respiratory function after intra-hospital transport of critically ill surgical patients. *Intensive Care Med*. 1995;21(10):784-9.

Поступила 10.11.19

Принята к печати 20.11.19