

МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОФИЗИОЛОГИЯ MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY AND PATHOPHYSIOLOGY

ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ПЕРЕВОДЕ НА НЕИНВАЗИВНУЮ ИВЛ У БОЛЬНЫХ С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ COVID-19

Шилин Д.С.^{1,2},
Шаповалов Ю.К.²,
Шаповалов К.Г.²

¹ ГУЗ «Городская клиническая больница
№ 1» (672010, г. Чита, ул. Ленина, 8,
Россия)

² ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия» Минздрава
России (672000, г. Чита, ул. Горького, 39А,
Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Шилин Дмитрий Сергеевич,
e-mail: Untara100@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Обоснование. Пандемия Covid-19 привела к широкому использованию различных методов респираторной поддержки в сочетании с использованием прон-позиции. Совокупное влияние этих двух факторов на гемодинамику представляет практический интерес.

Цель исследования: оценить влияние на гемодинамику манёвра прон-позиции у больных с COVID-19 при смене респираторной поддержки с кислородотерапии на неинвазивную вентиляцию лёгких (НИВЛ).

Материалы и методы. Исследование выполнили с участием 17 пациентов (мужчины, женщины) с внебольничной полисегментарной вирусно-бактериальной пневмонией на фоне COVID-19, у которых прогрессировала дыхательная недостаточность. Дизайн исследования предусматривал два этапа. Первый этап выполнялся, когда пациентам проводилась кислородная поддержка в виде инсуффляции увлажнённого кислорода потоком от 3 до 7 литров в минуту. Второй этап реализовывался после перехода к НИВЛ. Измерения осуществлялись комплексом аппаратно-программного неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объёмной компрессионной осциллометрии КАП ЦГосм-«Глобус» (Россия).

Результаты. Установили, что при выполнении манёвра прон-позиции у больных с тяжёлым течением COVID-19 при переходе с кислородной поддержки на НИВЛ модуль разницы диастолического артериального давления изменялся с 2,5 (1,0; 8,2) до 8,0 (5,7; 14,0) при $p = 0,016$. При эскалации кислородной поддержки модуль разницы объёмной скорости сердечного выброса изменялся с 11,5 (9,5; 34,2) до 31,0 (15,7; 42,0) при $p = 0,049$.

Заключение. У пациентов с внебольничной полисегментарной вирусно-бактериальной пневмонией на фоне COVID-19 при выполнении манёвра прон-позиции после перевода на НИВЛ с кислородной поддержки изменялись параметры диастолического артериального давления и объёмная скорость сердечного выброса.

Ключевые слова: прон-позиция, Covid-19, гемодинамика, неинвазивная ИВЛ, кислородотерапия

Статья получена: 01.07.2021

Статья принята: 01.12.2021

Статья опубликована: 28.12.2021

Для цитирования: Шилин Д.С., Шаповалов Ю.К., Шаповалов К.Г. Изменения гемодинамики при переводе на неинвазивную ИВЛ у больных с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-2): 51-57. doi: 10.29413/ABS.2021-6.6-2.6

BLOOD CIRCULATION CHANGES ASSOCIATED WITH SWITCHING TO NON-INVASIVE VENTILATION IN COVID-19 PATIENTS

Shilin D.S.^{1,2},
Shapovalov Yu.K.²,
Shapovalov K.G.²

¹ City Clinical Hospital No. 1
(Lenina str. 8, Chita 672010,
Russian Federation)

² Chita State Medical Academy
(Gorkogo str. 39A, Chita 672000,
Russian Federation)

Corresponding author:
Dmitry S. Shilin,
e-mail: Untara100@gmail.com

ABSTRACT

Background. Various methods of respiratory support in combination with prone positioning have been used during the COVID-19 pandemic. The effects of combination of these two factors on hemodynamics are of interest for clinical practitioners.

The aim: to evaluate the effect of prone positioning on hemodynamics in COVID-19 patients depending on the method of respiratory support.

Materials and methods. The study included 17 patients of both sexes diagnosed with COVID-19-associated community-acquired polysegmental viral and bacterial pneumonia with progressive respiratory failure. The study consisted of two stages. During the first stage, the patients were receiving respiratory support with humidified oxygen (3–7 liters per minute). The second stage was initiated after switching to non-invasive ventilation (NIV). The measurements were performed using a technique of volumetric compression oscillometry on a non-invasive hemodynamic monitoring system KAP CGosm-Globus (Russia).

Results. The study showed that prone positioning in patients with severe COVID-19 when switching from oxygen therapy to NIV resulted in a change in the diastolic blood pressure difference module from 2.5 (1.0; 8.2) to 8.0 (5.7; 14.0) ($p = 0.016$). Escalation of respiratory support led to the changes in the left ventricular outflow tract velocity difference module from 11.5 (9.5; 34.2) to 31.0 (15.7; 42.0) ($p = 0.049$).

Conclusions. Patients with community-acquired polysegmental viral and bacterial pneumonia associated with COVID-19 demonstrated changes in diastolic blood pressure and left ventricular outflow tract velocity as a result of prone positioning following switching from oxygen therapy to NIV.

Key words: prone-position, Covid-19, hemodynamics, non-invasive mechanical ventilation, oxygen therapy

Received: 01.07.2021

Accepted: 01.12.2021

Published: 28.12.2021

For citation: Shilin D.S., Shapovalov Yu.K., Shapovalov K.G. Blood circulation changes associated with switching to non-invasive ventilation in COVID-19 patients. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-2): 51-57. doi: 10.29413/ABS.2021-6.6-2.6

ВВЕДЕНИЕ

Существенное количество случаев пневмонии, ассоциированных с COVID-19, выявило необходимость в применении различных способов респираторной поддержки. Метод неинвазивной вентиляции лёгких (НИВЛ) получил новый виток развития, нередко превалируя над более агрессивными инвазивными подходами [1, 2]. В настоящее время многие профильные моноспециализированные организации организовали специальные палаты респираторной поддержки. Это стало промежуточным этапом для пациентов с тяжёлой дыхательной недостаточностью между инфекционным и реанимационным отделениями. Палаты усиленной респираторной поддержки помогают разгрузить отделение реанимации [2].

Пациенту с прогрессирующим тяжёлым течением COVID-19 нередко проводятся три последовательные стадии респираторной поддержки. На начальном этапе ему начинают корректировать дыхательную недостаточность при помощи подачи кислорода, в сочетании с проведением. При этом изменяется процент кислорода во вдыхаемой смеси воздуха, и часто необходимость в усиленной вентиляции компенсируется дополнительной работой дыхательной мускулатуры, увеличением частоты дыхания, ограничением физической нагрузки [3, 4].

При прогрессировании дыхательной недостаточности пациенту начинают проводить неинвазивную вентиляцию лёгких. При этом виде поддержки значительно меняется уровень влияния респираторной поддержки на состояние дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Появление лицевой ороназальной герметичной маски и таких параметров, как давление поддержки, постоянное положительное давления конца выдоха (ПДКВ), изменение отношения вдоха к выдоху, изменение времени вдоха, влияет не только на параметры дыхания пациента, но и его гемодинамику. Высокий уровень положительного давления в конце выдоха увеличивает внутригрудное давление (ВГД), снижая преднагрузку, несмотря на прежнюю потребность в кровотоке [5–7]. Сердце представляет собой камеру, обеспечивающую давление в системной циркуляции, находящуюся в грудной клетке, которая, в свою очередь, также поддерживает давление. Следовательно, изменение ВГД влияет на градиенты давления как для системного венозного возврата в правый желудочек, так и для системного оттока из левого желудочка, независимо от состояния самого сердца. Повышение ВГД за счёт нарастания давления в правом предсердии и снижение трансмурального систолического давления левого желудочка (ЛЖ) уменьшает градиенты давления для венозного возврата и выброса ЛЖ, ограничивая внутригрудной объём крови. Снижение ВГД повышает венозный возврат и препятствует выбросу ЛЖ, увеличивая внутригрудной объём крови [3–5].

При усугублении состояния пациента и эскалации инвазивности респираторной поддержки возрастает частота эпизодов нестабильности гемодинамики. Две трети реанимационных пациентов с тяжёлой пневмонией, которым проводят механическую вентиляцию лёгких, нуждаются в вазопрессорной поддержке [8]. Неста-

бильная гемодинамика у них может быть вызвана гиповолемией, сепсисом, глубокой седацией, дисфункцией правого или левого желудочков, принудительной вентиляцией с высоким ПДКВ, тромбозом лёгочной артерии [9]. Инвазивная искусственная вентиляция ассоциирована с высокими показателями смертности, составляющей 88 % [1].

Любые методики респираторной поддержки у пациентов с полисегментарной пневмонией на фоне COVID-19 используются в сочетании с про-позицией [10, 11]. При этом увеличивается давление на грудную клетку, и у пациента вдох сопровождается дополнительным усилием. Лёгкие оказываются между двумя статическими плоскостями, что затрудняет экскурсию, при этом многие пациенты испытывают дискомфорт из-за непривычного положения. Гемодинамические эффекты при манёвре про-позиции у пациентов с COVID-19 остаются плохо изученными, предполагается, что повреждение большого объёма лёгочной ткани приводит к депонированию жидкости в дорсальных отделах грудной полости [12]. При проведении про-позиции происходит перераспределение кровотока на вентральные участки и открытие дополнительных альвеолярных единиц, что приводит к необходимости дополнительной перфузии открытых участков [13]. Этот эффект позволяет при прежнем уровне респираторной поддержки добиться целевых показателей газообмена [14], за счёт эффективного рекрутирования альвеол.

Манёвр про-позиции пациентов на ИВЛ связан с определённым риском и большим разнообразием факторов, влияющих на гемодинамику, оценка показателей которой по отдельности не представляется возможным. Использование кардиотонических средств затрудняет оценку влияния про-позиционирования на гемодинамику у пациентов, находящихся на механической вентиляции.

При эскалации респираторной поддержки и переводе с кислородотерапии на НИВЛ медикаментозная терапия не изменяется, это позволяет оценить показатели гемодинамики при про-позиционировании пациентов с COVID-19.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить влияние на гемодинамику манёвра про-позиции у больных с COVID-19 при смене респираторной поддержки с кислородотерапии на НИВЛ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проспективное нерандомизированное исследование выполнялось в период с июня 2020 г. по март 2021 г. Объектом исследования были 17 пациентов обоего пола с внебольничной полисегментарной вирусно-бактериальной пневмонией на фоне COVID-19, в возрасте от 44 до 80 лет. Медианный возраст группы составил 65,0 (57,5; 72,2) лет. Медианный индекс массы тела – 29,9 (26,5; 34,3) кг/м².

Критерии включения в исследование: наличие пневмонии, вызванной вирусом COVID-19; рентгенологическая картина поражения при компьютерной томографии не менее 50 % лёгочных полей.

Больным назначалось необходимое лечение, согласно актуальной версии временных методических рекомендаций министерства здравоохранения РФ «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции COVID-19». Исследование выполнялось на базе ГУЗ «Городская клиническая больница № 1» г. Читы. Работа проводилась в соответствии с решением локального этического комитета ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России (протокол № 102 от 15.05.2020) и утверждённых локальных протоколов лечения. Диагноз выставлялся в соответствии с принятыми временными методическими рекомендациями Министерства здравоохранения РФ «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции COVID-19» и локальным протоколом медицинской организации. В исследование включались пациенты, которым на фоне проводимой комплексной терапии проводилась в динамике сначала инсуффляция кислорода, а затем НИВЛ.

1. Тахипноэ (более 25 движений в минуту для взрослых), которое не исчезает после снижения температуры тела.

2. $PaO_2 < 60$ мм рт. ст. либо $PaO_2/FiO_2 < 300$, $PaCO_2 > 45$ мм рт. ст.

3. $pH < 7,35$.

4. $SpO_2 < 90$ %.

Критерии перевода на НИВЛ соответствовали обозначенным во временных методических рекомендациях министерства здравоохранения РФ «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции COVID-19».

Критерии исключения из исследования: наличие онкологических заболеваний, тяжёлого иммунодефицита, нестабильной гемодинамики, инфузии вазопрессоров, признаки гиповолемии.

ТАБЛИЦА 1
ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУППЫ
TABLE 1
PATIENTS CHARACTERISTICS

Параметры	Количество пациентов	Процент от общего числа пациентов
Мужчины	11	64,7 %
Женщины	6	35,3 %
ИБС	6	35,3 %
Гипертоническая болезнь	11	64,7 %
Сахарный диабет	2	11,8 %
ХОБЛ	3	17,6 %
Летальный исход	10	58,8 %

Исследование было выполнено в два этапа. Первый этап выполнялся, когда пациентам проводилась кислородная поддержка в виде инсуффляции увлажнённого кислорода потоком от 3 до 7 литров в минуту. Первое измерение гемодинамики выполнялось в положении лёжа на спине. После пациент самостоятельно осуществлял манёвр прон-позиции. Выполнялось второе измерение, общее время исследования занимало 3–5 минут в зависимости от времени перемещения пациента. Третье измерение проводилось после того, как пациенту требовалась неинвазивная искусственная вентиляция лёгких (НИВЛ), которая проводилась аппаратом ИВЛ Neumovent GraphNet Advance, в режиме «неинвазивная ИВЛ», параметры подбирались индивидуально в положении лёжа на спине. Каждому пациенту осуществлялся подбор лицевой маски для герметичности и дальнейшей успешной синхронизации с аппаратом. Производился подбор: уровня ПДКВ, давления поддержки, фракции кислорода, соотношения вдоха к выдоху. Настройки выполнялись до полной коррекции респираторного статуса пациента и достижения целевых значений показателей газообмена. После пациент самостоятельно выполнял манёвр прон-позиции. Выполнялось четвёртое измерение. Время исследования, как и на первом этапе, занимало от 3 до 5 минут.

Исследования состояния гемодинамики осуществляли комплексом аппаратно-программного неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объёмной компрессионной осциллометрии КАП ЦГосм-«Глобус» (Россия).

Оценённые макрогемодинамические параметры были разбиты на три блока. К первому блоку относились показатели, относящиеся к системному артериальному давлению, такие как систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), среднее артериальное давление (СрАД), боковое артериальное давление (БАД), пульсовое артериальное давление (АДп) и ударное артериальное давление (АДуд), а также скорость пульсового артериального давления (СКАДп).

Второй блок составляли показатели сердечной деятельности: параметры сердечного выброса (СВ) и сердечного индекса (СИ), ударного объёма (УО) и ударного индекса (УИ), объёмная скорость выброса (ОСВ), мощность сокращения левого желудочка (МСЛЖ) и расход энергии (РЭ) на 1 л сердечного выброса за минуту.

Третий блок представлен показателями сосудистого русла: скоростью линейного кровотока (СКлин) и пульсовой волны (ПВ), податливостью сосудистой системы (ПСС), общим периферическим сосудистым сопротивлением (ОПСС) и удельным периферическим сосудистым сопротивлением (УПСС), а также соотношением УПСС фактическое/УПСС рабочее.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения (v. 7.5.0.0, AnalystSoft Inc., США). Сравнивалась разница показателей первой части исследования (дельта модуля разни-

цы показателей при проведении кислородной поддержки) и второй части (дельты модуля разницы показателей при проведении НИВЛ). Вычисляли медиану, 25-й и 75-й квартили исследуемых параметров. Данные не соответствовали нормальному распределению, статистическая значимость рассчитывалась помощью критерия Уилкоксона. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При сравнении группы показателей артериального давления было обнаружено, что при переходе от кислородной поддержки на НИВЛ выявлялось статистически значимое различие показателя диастолического

артериального давления. Диастолическое артериальное давление у пациентов при НИВЛ было более вариативно и отличалось в 3,2 раза ($p = 0,016$) (табл. 2). Иных изменений параметров гемодинамики в первой группе пациентов на кислородотерапии не обнаруживалось ($p > 0,05$).

При оценке группы показателей сердечной деятельности после выполнения прон-позиции было выявлено различие значений объёмной скорости сердечного выброса между показателями при кислородной поддержке и НИВЛ в 2,7 раза ($p = 0,049$) (табл. 3). Иных изменений параметров данного блока не отмечали.

При выполнении манёвра прон-позиции больным с тяжёлым течением COVID-19 разницы в блоке сосудистых показателей не наблюдалось.

ТАБЛИЦА 2
ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ФОНЕ МАНЁВРА ПРОН-ПОЗИЦИИ, М (25; 75)

Показатель гемодинамики	Модуль при кислородотерапии	Модуль при НИВЛ	Статистическая значимость
САД, мм рт. ст.	7,500 (5,750; 9,250)	9,500 (4,250; 17,750)	$p = 0,233$
ДАД, мм рт. ст.	2,500 (1,000; 8,250)	8,000 (5,750; 14,000)	$p = 0,016$
БАД, мм рт. ст.	8,000 (5,000; 13,750)	8,000 (1,750; 21,000)	$p = 0,776$
СрАД, мм рт. ст.	4,000 (1,000; 11,250)	9,000 (4,500; 14,000)	$p = 0,349$
АДп, мм рт. ст.	6,500 (2,750; 8,000)	6,500 (5,750; 12,250)	$p = 0,121$
СКАДп, мм рт. ст./с	29,500 (16,000; 58,750)	21,000 (12,000; 75,750)	$p = 0,485$
АДуд, мм рт. ст.	2,000 (1,000; 7,000)	4,000 (2,000; 7,250)	$p = 0,485$
Пульс, уд./мин	2,500 (1,750; 6,750)	3,500 (2,000; 7,000)	$p = 0,589$

Примечание. p – статистическая значимость разницы показателей после перевода пациента в прон-позицию при разных способах респираторной поддержки.

ТАБЛИЦА 3
ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЁВРА ПРОН-ПОЗИЦИИ, М (25; 75)

Показатель гемодинамики	Модуль при кислородотерапии	Модуль при НИВЛ	Статистическая значимость
СВ, л/мин	0,250 (0,000; 0,625)	0,450 (0,200; 0,800)	$p = 0,616$
СИ, л/(мин × м ²)	0,150 (0,000; 0,400)	0,250 (0,100; 0,400)	$p = 0,875$
УО, мл	7,500 (2,750; 12,250)	7,000 (2,750; 12,000)	$p = 0,900$
УИ, мл/м ²	4,000 (1,000; 6,000)	3,000 (1,000; 6,250)	$p = 0,733$
ОСВ, мл/с	11,500 (9,500; 34,250)	31,000 (15,750; 42,000)	$p = 0,049$
МСЛЖ, Вт.	0,250 (0,100; 0,825)	0,600 (0,350; 0,850)	$p = 0,201$
РЭ, Вт.	0,800 (0,100; 1,350)	1,200 (0,550; 2,000)	$p = 0,496$

Примечание. p – статистическая значимость разницы показателей после перевода пациента в прон-позицию при разных способах респираторной поддержки.

ТАБЛИЦА 4
ИЗМЕНЕНИЕ СОСУДИСТЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРИ МАНЁВРЕ ПРОН-ПОЗИЦИИ, M (25; 75)

TABLE 4
CHANGES IN VASCULAR PARAMETERS
AFTER PRONE POSITIONING, M (25; 75)

Показатель гемодинамики	Модуль при кислородотерапии	Модуль при НИВЛ	Статистическая значимость
СКлин, см/с	2,000 (1,000; 3,500)	3,500 (2,000; 8,000)	$p = 0,132$
СПВ, см/с	126,500 (67,000; 177,250)	91,500 (50,000; 143,500)	$p = 0,733$
ПСС, мл/мм рт. ст.	0,105 (0,040; 0,290)	0,110 (0,028; 0,198)	$p = 0,164$
ОПСС, дин \times с/см ⁵	36,500 (19,000; 102,000)	79,000 (16,500; 168,000)	$p = 0,642$
УПСС, мм рт. ст./л/(мин \times м ²)	1,000 (0,000; 3,000)	2,000 (0,000; 4,250)	$p = 0,480$
УПССф/УПССр, отн. ед.	0,037 (0,020; 0,093)	0,043 (0,026; 0,090)	$p = 0,650$

Примечание. p – статистическая значимость разницы показателей после перевода пациента в prone-позицию при разных способах респираторной поддержки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Диастолическое артериальное давление является важным показателем гемодинамической функции сердечной деятельности. Именно в диастолу происходит наполнение коронарных сосудов, и происходит перфузия крови в ткани сердечной мышцы. Ранее выявлено, что снижение диастолического артериального давления говорит о субклиническом повреждении миокарда и может привести к неблагоприятным последствиям [15].

Значение диастолического артериального давления в нашем исследовании при повышении респираторной поддержки повышалось. Абсолютные значения диастолического артериального давления составляли на кислороде (71; 68) на НИВЛ (78; 73) на спине и животе, соответственно. Манёвр prone-позиции задействовал закрытые участки лёгочной ткани, что приводило к перераспределению кровотока. Успешное рекрутирование альвеол сопровождалось снижением показателей диастолического артериального давления. У пациентов на кислородотерапии, очевидно, степень повреждения лёгких была ниже и закрыто меньше участков лёгочной ткани, соответственно, перераспределительный эффект практически отсутствовал. При НИВЛ росло количество неентируемых альвеолярных единиц, prone-позиционирование требовало перфузии рекрутированных вентилируемых участков. Возможно, при механической вентиляции, даже небольшие колебания перфузии миокарда могут приводить к относительной гиповолемии, что значительно сказывается на гемодинамике, чем при НИВЛ [16]. Вероятно, этот эффект носит временный характер, в нашем исследовании были взяты данные до и после выполнения манёвра prone-позиции, возможно в дальнейшем могут проследиваться другие гемодинамические эффекты.

Показатель объёмной скорости выброса также был выше при проведении НИВЛ. Медианы значений составили на кислороде (227,1; 244,4) на НИВЛ (250,1; 241,3) на спине и животе, соответственно. Интересной особенностью изменений объёмной скорости выброса является его разнонаправленность. На кислородной поддержке разница объёмной скорости выброса составля-

ла 11,5 (9,5; 34,2), при переходе на НИВЛ разница увеличивалась до 31,0 (15,7; 42,0). Возможно, это связано с разным механизмом влияния на внутригрудное давление [1]. При кислородной поддержке пациент сам компенсировал давление на грудную клетку при манёвре prone-позиции и, вероятно, внутригрудное давление снижалось, что увеличивало скорость выброса. При НИВЛ у пациента в положении на спине аппарат в режиме вспомогательной вентиляции создавал дополнительное давление в грудной полости за счёт положительного давления в конце выдоха [17, 18]. При манёвре prone-позиции у пациента снижалась экскурсия грудной клетки, увеличивая ещё больше внутригрудное давление, что сказывалось на состоянии гемоциркуляции.

ВЫВОДЫ

При переводе пациентов с тяжёлой пневмонией на фоне COVID-19 от кислородной поддержки на неинвазивную вентиляцию лёгких, модуль разницы диастолического артериального давления повышался в 3,2 раза, а модуль разницы объёмной скорости сердечного выброса возрастал в 2,7 раза.

Изменения гомеостаза при выполнении манёвра prone-позиции сопровождаются позитивными изменениями газообмена в лёгких. Однако при этом наблюдается ряд негативных моментов в виде отёка и пролежней лица, а также гемодинамических реакций. Уточнение механизмов изменений кровообращения в таких случаях будет способствовать разработке мер по минимизации побочных эффектов.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Windisch W, Weber-Carstens S, Kluge S, Rossaint R, Welte TC, Karagiannidis C. Invasive and non-invasive ventilation in patients

with COVID-19. *Dtsch Arztebl Int.* 2020; 117(31-32): 528-533. doi: 10.3238/arztebl.2020.0528

2. Privitera D, Angaroni L, Capsoni N, Forni E, Pierotti F, Vincenti F, et al. Flowchart for non-invasive ventilation support in COVID-19 patients from a northern Italy Emergency Department. *Intern Emerg Med.* 2020; 15(5): 767-771. doi: 10.1007/s11739-020-02370-8

3. Chynkiamis N, Armstrong M, Manifold J, Hume E, Reilly C, Aliverti A, et al. Hemodynamic effects of portable non-invasive ventilation in healthy men. *Respir Physiol Neurobiol.* 2019; 268: 103248. doi: 10.1016/j.resp.2019.06.005

4. Tyberg JV, Grant DA, Kingma I, Moore TD, Sun Y, Smith ER, et al. Effects of positive intrathoracic pressure on pulmonary and systemic hemodynamics. *Respir Physiol.* 2000; 119(2-3): 171-179. doi: 10.1016/s0034-5687(99)00112-7

5. Pinsky MR. Cardiopulmonary interactions: Physiologic basis and clinical applications. *Ann Am Thorac Soc.* 2018; 15(1): S45-S48. doi: 10.1513/AnnalsATS.201704-339FR

6. Pinsky MR. Determinants of pulmonary arterial flow variation during respiration. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1984; 56(5): 1237-1245. doi: 10.1152/jappl.1984.56.5.1237

7. Le M, Rosales R, Shapiro L, Huang YL. The down side of prone positioning: The case of a coronavirus 2019 survivor. *Am J Phys Med Rehabil.* 2020; 99(10): 870-872. doi: 10.1097/PHM.0000000000001530

8. Chotalia M, Ali M, Alderman JE, Kalla M, Parekh D, Bangash MN, et al. Right ventricular dysfunction and its association with mortality in Coronavirus Disease 2019 acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med.* 2021; 49(10): 1757-1768. doi: 10.1097/CCM.0000000000005167

9. Michard F, Vieillard-Baron A. Critically ill patients with COVID-19: Are they hemodynamically unstable and do we know why? *Intensive Care Med.* 2021; 47(2): 254-255. doi: 10.1007/s00134-020-06238-5

10. Carsetti A, Paciarini DA, Marini B, Pantanetti S, Adrario E, Donati A. Prolonged prone position ventilation for SARS-CoV-2 patients is feasible and effective. *Crit Care.* 2020; 24(1): 225. doi: 10.1186/s13054-020-02956-w

11. Ball L, Neto AS, Trifiletti V, Mandelli M, Firpo I, Robba C, et al. Effects of higher PEEP and recruitment manoeuvres on mortality in patients with ARDS: A systematic review, meta-analysis, meta-regression and trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Intensive Care Med Exp.* 2020; 8(Suppl 1): 39. doi: 10.1186/s40635-020-00322-2

12. Protti A, Chiumello D, Cressoni M, Carlesso E, Mietto C, Berto V, et al. Relationship between gas exchange response to prone position and lung recruitability during acute respiratory failure. *Intensive Care Med.* 2009; 35(6): 1011-1017. doi: 10.1007/s00134-009-1411-x

13. Ali HS, Kamble M. Prone positioning in ARDS: Physiology, evidence and challenges. *Qatar Med J.* 2020; 2019(2 - Qatar Critical Care Conference Proceedings): 14. doi: 10.5339/qmj.2019.qccc.14

14. Ponnappa RM, Subramaniam A, Afroz A, Billah B, Lim ZJ, Zubarev A, et al. Prone positioning of nonintubated patients with Coronavirus Disease 2019 – A systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2021; 49(10): e1001-e1014. doi: 10.1097/CCM.0000000000005086

15. McEvoy JW, Chen Y, Rawlings A, Hoogveen RC, Ballantyne CM, Blumenthal RS, et al. Diastolic blood pressure, subclinical myocardial damage, and cardiac events: Implications for blood pressure control. *J Am Coll Cardiol.* 2016; 68(16): 1713-1722. doi: 10.1016/j.jacc.2016.07.754

16. Szekely Y, Lichter Y, Taieb P, Banai A, Hochstadt A, Merdler I, et al. Spectrum of cardiac manifestations in COVID-19: A systematic echocardiographic study. *Circulation.* 2020; 142(4): 342-353. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047971

17. Chin JH, Lee EH, Kim WJ, Choi DK, Hahm KD, Sim JY, et al. Positive end-expiratory pressure aggravates left ventricular diastolic relaxation further in patients with pre-existing relaxation abnormality. *Br J Anaesth.* 2013; 111(3): 368-373. doi: 10.1093/bja/aet061

18. Marini M, Caretta G, Vagnarelli F, Lucà F, Biscottini E, Lavorgna A, et al. Hemodynamic effects of positive end-expiratory pressure. *G Ital Cardiol (Rome).* 2017; 18(6): 505-512. (In Italian). doi: 10.1714/2700.27611

Сведения об авторах

Шилин Дмитрий Сергеевич – врач анестезиолог-реаниматолог, ГУЗ «Городская клиническая больница № 1»; преподаватель кафедры физической культуры, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России, e-mail: Untara100@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4665-1960>

Шаповалов Юрий Константинович – ассистент кафедры оториноларингологии, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0001-6408-239X>

Шаповалов Константин Геннадьевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии и реанимации, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0002-3485-5176>

Information about the authors

Dmitriy S. Shilin – Critical Care Physician, City Clinical Hospital No. 1; Lecturer at the Department of Physical Culture, Chita State Medical Academy, e-mail: Untara100@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4665-1960>

Yuri K. Shapovalov – Teaching Assistant at the Department of Otorhinolaryngology, Chita State Medical Academy, <https://orcid.org/0000-0001-6408-239X>

Konstantin G. Shapovalov – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, Chita State Medical Academy, <https://orcid.org/0000-0002-3485-5176>