

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2025.2.63>

Интегративный показатель тревог как объективный критерий эффективной синхронизации ИВЛ

В.А. Дудко^{1,2}, Т.И. Дорошкова¹, А.Л. Липницкий^{1,2}, А.В. Марочков^{1,2}, В.А. Ливинская³

¹Учреждение здравоохранения «Могилевская областная клиническая больница», г. Могилев, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь

³Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2025. – Том 24, №2. – С. 63-70.

Integrative anxiety index as an objective criterion for effective synchronization of mechanical ventilation

V.A. Dudko^{1,2}, T.I. Doroshkova¹, A.L. Lipnitski^{1,2}, A.V. Marochkov^{1,2}, V.A. Livinskaya³

¹Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Republic of Belarus

²Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

³Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2025;24(2):63-70.

Резюме.

Цель исследования – проанализировать эпизоды взаимодействия аппаратного дыхания и спонтанного дыхания пациента на основании показателей тревожной сигнализации респиратора и разработать интегративный показатель тревог для количественной оценки степени десинхронизации.

Материал и методы. В данной работе проанализированы 242 эпизода длительной ИВЛ у 44-х пациентов с ОРДС (острым респираторным дистресс-синдромом) различной этиологии и различной степени тяжести. Для количественной оценки степени десинхронизации нами был разработан интегративный показатель тревог (ИПТ), который представляет собой сумму эпизодов срабатывания тревожной сигнализации аппарата ИВЛ при превышении установленных пределов тревог следующих параметров: пиковое давление на вдохе (P_{peak}), частота вентиляции (f), объем минутной вентиляции (MV) и дыхательный объем (V_t) за единицу времени – 1 час.

Результаты. Были получены достоверные отличия между группами ИПТ по следующим параметрам: минутный объем вентиляции (MV), дыхательный объем (V_t), частота (F_{общ}), парциальное давление CO₂ в выдыхаемой смеси (etCO₂), объем образовавшегося CO₂ (VCO₂), податливость (Compl), триггер (Trigger). Группы ИПТ достоверно отличались по глубине седации с применением фентанила, по уровню седации, определенному с помощью ЭЭГ-мониторинга и шкале Ramsay.

Заключение. Интегративный показатель тревог является независимым от других показателей тревог критерием, характеризующим степень оптимального уровня соответствия дыхательных циклов аппарата ИВЛ и спонтанного дыхания больного.

Ключевые слова: Искусственная вентиляция легких, синхронизация, десинхронизация, медикаментозная седация, система «аппарат-пациент», количественная оценка.

Abstract.

Objectives. To analyze the episodes of interaction between mechanical ventilation and spontaneous breathing of a patient based on the indicators of the respirator alarm signal and to develop an integrative alarm indicator for the quantitative assessment of the desynchronization degree.

Material and methods. In this work, 242 episodes of prolonged mechanical ventilation were analyzed in 44 patients with ARDS (acute respiratory distress syndrome) of various etiologies and varying degrees of severity. To assess quantitatively

the desynchronization degree, we developed an integrative alarm indicator (IAI), which is the sum of the episodes of the ventilator alarm signal triggering when the set alarm limits of the following parameters are exceeded: peak inspiratory pressure (Ppeak), ventilation frequency (f), minute ventilation volume (MV) and tidal volume (Vt) per unit of time - 1 hour. Results. Significant differences were obtained between the IAI groups in the following parameters: minute ventilation volume (MV), tidal volume (Vt), frequency (Ftotal), partial pressure of CO₂ in the exhaled mixture (etCO₂), volume of formed CO₂ (VCO₂), Compliance (Compl), Trigger (Trigger). The IAI groups differed significantly in the depth of sedation using fentanyl, in the level of sedation determined by EEG monitoring and the Ramsay scale.

Conclusions. The integrative anxiety index is a criterion independent of other anxiety indices, characterizing the degree of optimal compliance between the respiratory cycles of the ventilator and the patient's spontaneous breathing.

Keywords: artificial lung ventilation, synchronization, desynchronization, drug sedation, "apparatus-patient" system, quantitative assessment.

Введение

Несмотря на то, что за последние десятилетия произошло значительное совершенствование аппаратов для искусственной вентиляции легких (ИВЛ), вопросы согласования (синхронизации) аппаратного дыхания и спонтанного дыхания пациента по-прежнему остаются одними из ключевых в интенсивной терапии [1-5].

С целью снижения отрицательных эффектов длительной ИВЛ применяются методы вспомогательной вентиляции, позволяющие частично сохранять спонтанное дыхание пациента [6-8]. Однако при одновременном самостоятельном дыхании пациента и проведении искусственного дыхания аппаратом часто возникают эпизоды десинхронии в системе «аппарат – пациент» и, как следствие, развитие осложнений ИВЛ, таких как баротравма, волюмотравма, ателектотравма, биотравма [9].

Для диагностики десинхронизации используются визуальное наблюдение за механикой дыхания пациента, анализ данных на мониторе аппарата ИВЛ формы кривых давления и потока, петли «давление-объем», а также учет отклонений от нормальных величин таких мониторируемых параметров вентиляции, как дыхательный объем (Vt), частота дыхания (f), минутный объем вентиляции (MV) и др. [10-13].

Негативным моментом количественной оценки десинхронизации по мониторируемым параметрам вентиляции является необходимость учета большого количества этих параметров и отсутствие единого количественного критерия для оценки синхронизации между аппаратом ИВЛ и пациентом [14, 15]. На данный момент в Республике Беларусь отсутствуют работы по количественной оценке десинхронизации с аппаратом ИВЛ.

Анализ имеющихся данных позволяет констатировать, что в настоящее время эффективных

методик, позволяющих количественно оценить степень синхронизации в системе аппарат-пациент не существует.

В связи с этим, целью настоящего исследования было проанализировать эпизоды взаимодействия аппаратного дыхания и спонтанного дыхания пациента на основании показателей тревожной сигнализации респиратора и разработать интегративный показатель тревог для количественной оценки степени десинхронизации.

Материал и методы

Проведено проспективное исследование, на которое было получено разрешение комитета по этике УЗ «МОКБ» №1 от 2016 года. В исследование включены случаи проведения ИВЛ у 44 пациентов в возрасте 18-80 лет (50,3±17,8 лет) обоего пола, 22 мужчины и 22 женщины, которым проводили длительную ИВЛ – более 48 часов (397,3±370,2 часа). У всех пациентов был диагностирован острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) различной этиологии и различной степени тяжести. Степень тяжести ОРДС определяли согласно общепринятым Берлинским критериям.

Критериями исключения являлись: возраст менее 18 лет, наличие исходной внутричерепной патологии, которая могла бы повлиять на показатели электроэнцефалографического мониторинга, наличие хронической обструктивной болезни легких. Характеристика пациентов, включенных в исследование, представлена в таблице 1.

Причинами ОРДС были: перитонит и абдоминальный сепсис – у 20 (45,5%) пациентов; операция на открытом сердце в условиях искусственного кровообращения – 5 (11,4%); вирусно-бактериальная пневмония – 6 (13,6%); острая массивная кровопотеря – 5 (11,4%); уросепсис – 2 (4,5%); состояние после резекции аневризмы

Таблица 1 – Общая характеристика пациентов

Критерий характеристики/ Показатель	Возраст, лет	Масса тела (фактическая), кг	ДМТ*, кг	Рост, см	Длит в ОАиР, с	Длительность в стационаре, с	Длительность ИВЛ, ч
Среднее значение	50,37	77,91	61,59	168,35	21,62	30,49	397,33
Медиана	53	72	62	170	15	23	281
Среднее отклонение	17,89	19,26	8,955	7,61	18,41	22,57	370
MIN	18	50	48	155	2	2	50
MAX	81	130	73	178	99	99	2184
25th%	33	62	53	161,5	11	14	167
75th%	65	90	71	175,5	27	43	551

Примечание: * – формула для расчета ДМТ: для мужчин – $50+0,91(\text{рост(см)}-152,4)$; для женщин – $45,5+0,91(\text{рост(см)}-152,4)$

торакоабдоминального отдела аорты – 2 (4,5%); тяжелая сочетанная травма – 1 (2,3%); гестоз тяжелой степени – 1 (2,3%); флегмона дна полости рта – 1 (2,3%); шок – 1 (2,3%). 26 пациентов были оперированы по поводу заболеваний желудка, кишечника, поджелудочной железы. Из 44 пациентов, включенных в исследование, умерло 27, госпитальная летальность составила 61,4%.

За время госпитализации всем пациентам проводили комплекс методов интенсивной терапии критических состояний в соответствии с действующими протоколами. Искусственную вентиляцию легких проводили с использованием аппаратов ИВЛ среднего и высокого класса.

При выборе метода искусственной вентиляции, настройке режима и коррекции параметров респираторной поддержки полагались на современные стандарты ИВЛ [7]. Применялись режимы принудительной, принудительно-вспомогательной, вспомогательной вентиляции легких, а также «интеллектуальные» режимы ИВЛ. Наиболее часто использовали следующие режимы вентиляции легких: PSV (0,83%), PSIMV (52%), BIPAP (46,3%), CPAP/PSV (0,83%).

Участники исследования не влияли на установку и изменение настроек аппарата ИВЛ у пациентов, включенных в исследование. При настройке системы тревожной сигнализации нами устанавливались пределы тревог таким образом, чтобы числовые значения верхней и нижней границы составляли 50% от рекомендуемых параметров. Для реализации исследования нами проводилась запись данных журнала тревожной сигнализации аппаратов ИВЛ: пиковое давление на вдохе (P_{reak}), частота вентиляции (f), объем минутной вентиляции (MV) и дыхательный объем (V_t). По-

лученные значения параметров ИВЛ регистрировали как «эпизоды ИВЛ» каждые 12-24 часа.

Эпизод ИВЛ включал в себя, кроме регистрации параметров ИВЛ (устанавливаемых и мониторируемых), также дозы лекарственных средств для проведения медикаментозной седации и анальгезии, регистрацию параметров гемодинамики, данных капнометрии, непрямой калориметрии, расчет респираторного индекса, лабораторных и инструментальных данных. Также оценивали субъективный уровень седации пациента с помощью шкалы Ramsay. У всех пациентов проводили контроль уровня глубины седации и анальгезии с помощью аппаратов электроэнцефалографического мониторинга (ЭЭГ): BIS или CSI.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакетов статистических программ Statistica 12.0. Полученные данные представлены в виде средних значений и стандартного отклонения для количественных переменных (M±SD) в случае нормального распределения признака и в виде медианы Me (25%-75% процентилей) в случае распределения, отличного от нормального, а также в виде процентных отношений для качественных переменных. Достоверность различий между группами определяли с помощью непараметрических методов: критерия Манна-Уитни для 2-х групп, критерий Краскела-Уоллиса для 3-х и более групп. Статистически значимыми считали различия при p<0,05.

Результаты

Всего было проанализировано 242 эпизода длительной ИВЛ. При анализе данных эпизодов нами было зарегистрировано 8854 тревог, кото-

рые были отмечены аппаратом при проведении искусственной вентиляции легких. Данные регистрации тревог ИВЛ представлены в таблице 2.

Нами был разработан количественный критерий – интегративный показатель тревог (ИПТ). Интегративный показатель тревог представляет собой сумму эпизодов срабатывания тревожной сигнализации аппарата ИВЛ при превышении установленных пределов тревог следующих параметров: пиковое давление на вдохе (P_{peak}), частота вентиляции (f), объем минутной вентиляции (MV) и дыхательный объем (V_t) за единицу времени – 1 час.

$$\text{ИПТ (тревог/час)} = \frac{A1(P_{\text{pik}}) + A2(f) + A3(MV) + A4(V_t)}{t},$$

где:

A – количество зарегистрированных тревог, n;
t – время регистрации, час.

Среднее значение интегративного показателя тревог у наблюдаемых пациентов во всех изучаемых эпизодах ИВЛ составило 2,77 (1,3; 6,2) тревог/час.

Согласно проведенному математическому анализу (с применением формулы Стерджеса) показатели ИПТ были разделены на 4 группы: 0-3,2 тревог/час (n=127), 3,2-6,4 тревог/час (n=60), 6,4-9,6 тревог/час (n=16), более 9,6 тревог/час (n=39). Таким образом 95,5 % значений представлены в интервале признака меньше 12,8 тревог/час. При этом, ИПТ в интервале от 0-3,2 тревог/час составил 1,38 (0,8;2,0), в интервале 3,2-6,4 тревог/час – 4,5(3,8;5,3), от 6,4 до 9,6 тревог/час – 8,7 (7,0;9,0) и при значениях более 9,6 тревог/час – 15 (12,5;24,0). При изучении различий интегративного показателя тревог в исследуемых группах мы установили, что средние значения ИПТ достоверно отличались друг от друга (p<0,001).

Данные параметров ИВЛ в группах исследования приведены в таблице 3, а данные по медикаментозной седации у пациентов – в таблице 4. Нами были получены достоверные отличия меж-

ду группами ИПТ по следующим параметрам: MV, V_t, F_{общ}, etCO₂, VCO₂, Compl, Триггер. Указанные группы ИПТ достоверно отличаются по глубине седации с применением фентанила. Помимо этого, данные группы отличались по уровню седации, определенному с помощью ЭЭГ-мониторинга и шкале Ramsay.

Обсуждение

Анализ публикаций по теме настоящего исследования показал, что в базах данных PubMed и Web of Science имеется ряд работ, в которых авторы предлагают оценить количество тревог при проведении длительной ИВЛ за определенный промежуток времени. Например, Souza Leite W. и соавторы [14] предложили использовать индекс асинхронности (asynchrony index), выраженный в процентах и определенный как количество асинхронных вдохов (неэффективных попыток вдоха либо двойное триггирование), поделенный на общую частоту дыхания (аппаратных вдохов и неэффективных попыток) в единицу времени – за 30 минут – умноженный на 100. В случае, когда значение 10% и более оценивается как высокий уровень асинхронности аппарата ИВЛ и спонтанного дыхания пациента. Для получения исходных данных производится измерение и запись характеристик потока и давления в дыхательных путях, что требует использования дополнительного оборудования, например, пневмотахографа, что трудно реализуемо в клинической практике. Помимо этого, индекс асинхронности отражает лишь одну составляющую процесса взаимодействия аппарата ИВЛ и пациента – триггирование аппаратного вдоха.

Так, S. Lasocki и соавт. констатируют, что оптимальным является суммирование тревог по следующим критериям: количество сигналов объема тревоги (сигналы низкого или высокого дыхательного объема и низкой или высокой минутной вен-

Таблица 2 – Данные эпизодов тревог аппарата ИВЛ

Частота срабатывания тревог	Тревоги по давлению	Тревоги по частоте дыхания	Тревоги по минутному объему вентиляции	Тревоги по дыхательному объему	Все тревоги
Всего тревог, n	2434	745	2166	3509	8854
Среднее число тревог, Me(25%;75%)	2 (0;10)	0 (0;2)	2 (0;8)	6 (3;16)	18 (8;40)
Максимальное число тревог, n	351	100	140	183	398
Число тревог в час, Me(25%;75%)	0,33 (0;1,3)	0,05 (0;0,3)	0,33 (0;1,3)	1,09 (0,5;2,5)	2,78 (1,3;6,2)

Таблица 3 – Параметры ИВЛ у исследуемых пациентов, Ме (25%; 75%)

Группа ИТП/ Параметры ИВЛ	0-3,2 (n=38)	3,21-6,4 (n=28)	6,41-9,6 (n=10)	>9,6 (n=19)	Все пациенты (n=95)	Уровень достоверности, p*
MV	10 (8;11,2)	11,4 (8;13,3)	11,2 (8,4;11,7)	11,6 (9,4;13)	10,6 (8,2;12,4)	0,0022
MV spont	0,215 (0;3,0)	1,035 (0;3,9)	0,0 (0;2,67)	3,035 (0;6,5)	0,5 (0;3,8)	0,0667
Vt	610 (520;727)	670 (600,5;748,5)	730 (635;826)	612 (518;680)	633,5 (540;735)	0,0007
VT /kg	9,620 (8,55;10,7)	10,186 (8,9;11,37)	10,600 (9,09;11,69)	9,190 (7,44;11,3)	9,725 (8,56;11,13)	0,0913
Гобщ	16 (14;19)	16 (15;20)	14 (12;19)	20 (16;26)	16 (14;20)	0,0004
Р инсп	18 (15,5;22)	19 (16;12,5)	17 (16;20)	18 (16;21)	18 (16;22)	0,1101
Рпик	23 (20;26)	23 (20;26)	21 (19;26)	25 (21;27)	23 (20;26)	0,7124
Рсредн	13 (10;15)	12 (10;15)	13 (10;14)	11 (11;15)	13 (10;15)	0,6097
Рмин	4 (4;7)	4 (3;5)	4 (4;5)	4 (4;5)	4 (4;6)	0,3604
РЕЕР	6 (5;8)	6 (5;8)	7 (5;8)	6 (5;8)	6 (5;8)	0,3053
FiO ₂	50 (40;65)	47,5 (40;65)	60 (50;65)	50 (40;65)	50 (40;65)	0,6513
etCO ₂	32,5 (20;38)	35 (27;39)	41 (37,5;45)	31 (26;38)	33,5 (27;39)	0,0196
VCO ₂	227,5 (201;284)	274 (223;347)	295 (242;386)	314,5 (205;355)	246,0 (208;306)	0,0087
Compl	50,4 (40;59,9)	59 (43,35;38,2)	70 (56;86,5)	53,8 (45;64)	53 (42;64,5)	0,0007
Resist	10,8 (9,4;12,8)	12 (9,1;13,4)	13,15 (11,1;13,95)	9,5 (6,0;11,7)	11 (9,1;13)	0,0721
Триггер	2,0 (1,0;2,0)	2,0 (1,45;2,0)	2,0 (1,5;2,0)	2,0 (2,0;3,0)	2,0 (1,4;2,0)	0,0154

Примечание: * – отличие между группами, критерий Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis test)

тиляции), а также сигнала частично доставленного объема (этот сигнал генерируется, когда возникает предел давления, что приводит к остановке вдоха), количество сигналов тревоги низкого и высокого давления в дыхательных путях [15]. К сожалению, простая суммация этих тревог по критериям расщепления и вышеизложенным отражает только неожиданно возникшие критические ситуации и не говорит о длительном многочасовом взаимодействии спонтанного дыхания пациента с респиратором.

Esperanza и соавт. [16] предлагают оценивать скорость потока, давление в дыхательных путях, дыхательный объем, активность инспираторных и экспираторных мышц с отображением на электромиограмме. Однако данные анализа форм волн на аппарате ИВЛ, а также данные электромиограммы требуют использования дополнительного оборудования, длительного анализа данных, полученных ретроспективно.

Damiani LF и соавторы [17] предложили использовать параметры, которые отражаются в журналах тревог. Однако, объём возможной информации приводит к увеличению времени на расчёты по предложенным критериям и эти тревоги не ранжированы по степени важности, частоте встречаемости, что не позволяет их исполь-

зовать в клинической практике.

Кроме того, в публикации Kelbel и соавт. [18] в большей степени рассматривается вопрос не асинхронии, а отражаются особенности работы врача-интенсивиста при проведении конкретной ИВЛ. К сожалению, в анализируемых базах данных нами не обнаружено работ, которые бы предложили количественный критерий и использовали его в широкой клинической практике, основанной на интегративной оценке тревог как количественного параметра эффективности синхронизации, в том числе медикаментозной синхронизации, осуществляемой с использованием седативных средств и анальгетиков.

Таким образом большой клинический опыт, представленный анализом 242 эпизода ИВЛ у 44 пациентов позволяет констатировать, что предложенный нами способ количественной оценки и разработанный интегративный показатель тревог может с успехом применяться в клинической практике.

Заключение

Интегративный показатель тревог является независимым от других показателей тревог кри-

Таблица 4 – Дозы лекарственных средств, применяемых для медикаментозной синхронизации ИВЛ у исследуемых пациентов, Ме (25%; 75%)

Группа ИТП/ЛС		0-3,2 (n=127)	3,21-6,4 (n=60)	6,41-9,6 (n=16)	>9,6 (n=39)	Все пациенты (n=242)	Уровень достовер- ности, p*
Аналь- гетики	Фентанил, мкг/кг/ч, %, n	1,5 (1,25;1,7) 37,6% 91	1,3 (1;1,8) 14% 34	1,175 (1;1,8) 6,2% 15	1,87 (1,42;2,1) 9,5% 23	1,5 (1,12;1,8) 67,36% 163	0,0055
	Морфин, мкг/ кг/ч, %, n	13,4 (11,0; 45,0) 2,8% 7	49,2 (13,4; 85,0) 0,83% 2	0	11,0 (11,0; 11,0) 0,41% 1	13,4 (11,0; 40,0) 4,13% 10	0,5
	Промедол, мкг/кг/ч, %, n	80,0 (80,0; 80,0) 5,8% 14	80,0 (60,0; 80,0) 3,7% 9	0	80,0 (80,0;80,0) 1,24% 3	80,0 (80,0;80,0) 10,75% 26	0,53
Гипно- тики	Пропофол, мг/кг/ч, %, n	1,4 (1;2) 7,44% 18	1,05 (0,5;1,4) 4,55% 11	1,55 (1,1;2,0) 0,83% 2	1,4 (1,0;2,0) 6,2% 15	1,4 (1,0;2,0) 19,0% 46	0,2672
	Тиопентал, мг/кг/ч, %, n	2,5 (1,5;2,8) 5,37% 13	1,5 (1,5;2,8) 1,24% 3	2,8 (2,8;2,8) 0,41% 1	1,8 (1,1;2,8) 0,83% 2	2,5 (1,5;2,8) 7,85% 19	0,4055
	Мидазолам, мкг/кг/ч, %, n	0,05 (0,03;0,07) 2,48% 6	0,03 (0,03;0,03) 0,41% 1	0	0	0,07 (0,03;0,07) 2,89% 7	1,0
	Диазепам, мкг/кг/ч, %, n	0,16 (0,15;0,19) 24% 58	0,18 (0,15;0,2) 5,37% 13	0,16 (0,16;0,21) 1,65% 4	0,17 (0,13;0,23) 4,55% 11	0,16 (0,15;0,2) 35,54% 86	0,5146
ЭЭГ мониторинг		58 (44 ;78)	74 (51;87)	80 (70;86)	70 (44;86)	66 (45;85)	0,0084
Ramsay		5 (3;5)	3 (2;5)	3 (2;5)	5 (3;5)	4 (3;5)	0,0126

Примечание: * – отличие между группами, критерий Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis test)

териум, характеризующим степень оптимального уровня соответствия дыхательных циклов аппарата ИВЛ и спонтанного дыхания больного.

Группы по ИПТ статистически значимо отличались между собой по следующим параметрам ИВЛ: минутный объем вентиляции (MV), дыхательный объем (Vt), частота (Fобщ), парциальное давление CO₂ в выдыхаемой смеси (etCO₂), объем образовавшегося CO₂ (VCO₂), податливость (Compl), триггер (Trigger) достоверно различались между группами (p<0,05).

Дозы лекарственного средства фентанил, вводимые для синхронизации с аппаратом ИВЛ,

достоверно различалась в исследуемых группах по ИПТ (p=0,0055).

Литература

1. Doerschug, K. C. Patient-Ventilator Synchrony / K. C. Doerschug // Clinics in chest medicine. 2022 Sep. Vol. 43, № 3. P. 511–518. DOI: 10.1016/j.ccm.2022.05.005
2. Канус, И. И. Современные режимы искусственной вентиляции легких / И. И. Канус, В. Э. Олецкий. Минск : БелМАПО, 2004. 64 с.
3. Светлицкая, О. И. Пути решения проблемы отлучения от искусственной вентиляции легких / О. И. Светлицкая, И. И. Канус // Медицинские новости. 2020. № 1. С. 22–34.
4. Physiological and Pathophysiological Consequences of Mechanical Ventilation / P. L. Silva, L. Ball, P. R. M. Rocco,

- P. Pelosi // Seminars in respiratory and critical care medicine. 2022 Jun. Vol. 43, № 3. P. 321–334. DOI: 10.1055/s-0042-1744447
5. Синица, Е. А. Ультразвуковое исследование диафрагмы как предиктор успешного отлучения пациентов от аппарата искусственной вентиляции легких / Е. А. Синица, Р. Э. Якубцевич // Журнал ГрГМУ. 2024. Т. 22. № 1. С. 13–18. DOI: 10.25298/2221-8785-2024-22-1-13-18
 6. Fifty Years of Research in ARDS. Spontaneous Breathing during Mechanical Ventilation. Risks, Mechanisms, and Management / T. Yoshida, Y. Fujino, M. B. P. Amato, B. P. Kavanagh // American journal of respiratory and critical care medicine. 2017 Apr. Vol. 195, № 8. P. 985–992. DOI: 10.1164/rccm.201604-0748CP
 7. Сатишур, О. Е. Механическая вентиляция легких / О. Е. Сатишур. Москва : Мед. лит., 2006. 352 с.
 8. Самолук, Б. Б. Неинвазивная вентиляция легких сегодня - эффективность, безопасность и комфорт / Б. Б. Самолук, Г. В. Илюкевич // Медицинские новости. 2016. № 8. С. 14–17.
 9. Asynchrony Consequences and Management / T. Pham, I. Telias, T. Piraino [et al.] // Critical care clinics. 2018 Jul. Vol. 34, № 3. P. 325–341. DOI: 10.1016/j.ccc.2018.03.008
 10. Murias, G. Patient-ventilator dyssynchrony during assisted invasive mechanical ventilation / G. Murias, A. Villagra, L. Blanch // Minerva anesthesiologica. 2013 Apr. Vol. 79, № 4. P. 434–444.
 11. Шурыгин, И. А. Искусственная вентиляция легких как медицинская технология / И. А. Шурыгин. Москва : БИНОМ, 2020. 630 с.
 12. Turan Civraz, A. Z. Evaluation of the Effect of Pressure-Controlled Ventilation-Volume Guaranteed Mode vs. Volume-Controlled Ventilation Mode on Atelectasis in Patients Undergoing Laparoscopic Surgery: A Randomized Controlled Clinical Trial / A. Z. Turan Civraz, A. Saracoglu, K. T. Saracoglu // Medicina (Kaunas). 2023 Oct. Vol. 59, № 10. P. 1783. DOI: 10.3390/medicina59101783
 13. Szakmar, E. Analysis of peak inflating pressure and inflating pressure limit during neonatal volume guaranteed ventilation / E. Szakmar, C. J. Morley, G. Belteki // Journal of perinatology. 2019 Jan. Vol. 39, № 1. P. 72–79. DOI: 10.1038/s41372-018-0228-2
 14. Patient-ventilator asynchrony in conventional ventilation modes during short-term mechanical ventilation after cardiac surgery: randomized clinical trial / W. Souza Leite, A. Novaes, M. Bandeira [et al.] // Multidisciplinary respiratory medicine. 2020 Apr. Vol. 15, № 1. P. 650. DOI: 10.4081/mrm.2020.650
 15. A Long-Term Clinical Evaluation of AutoFlow During Assist-Controlled Ventilation: A Randomized Controlled Trial / S. Lasocki, F. Labat, G. Planteveve [et al.] // Anesthesia and analgesia. 2010 Oct. Vol. 111, № 4. P. 915–921. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181f00015
 16. Monitoring Asynchrony During Invasive Mechanical Ventilation / J. A. Esperanza, L. Sarlabous, C. de Haro [et al.] // Respiratory care. 2020 Jun. Vol. 65, № 6. P. 847–869. DOI: 10.4187/respcare.07404
 17. Damiani, L. F. Lung and Diaphragm Protection During Mechanical Ventilation: Synchrony Matters / L. F. Damiani, E. C. Goligher // Critical care medicine. 2023 Nov. Vol. 51, № 11. P. 1618–1621. DOI: 10.1097/CCM.0000000000006013
 18. Kelbel, C. Beatmung und Analgosedierung / C. Kelbel, B. Schönhofer // Pneumologie. 2007 Jun. Vol. 61, № 6. P. 357–362. DOI: 10.1055/s-2007-959194

Поступила 06.12.2024 г.

Принята в печать 14.04.2025 г.

References

1. Doerschug KC. Patient-Ventilator Synchrony. Clinics Chest Medicine. 2022 Sep;43(3):511-518. doi: 10.1016/j.ccm.2022.05.005
2. Kanus II, Oletskiy VE. Modern modes of artificial ventilation. Minsk, RB: BelMAPO; 2004. 64 p. (In Russ.)
3. Svetlitskaya OI, Kanus II. Ways to address the problem of ventilator weaning. Meditsinskie Novosti. 2020;(1):22-34. (In Russ.)
4. Silva PL, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Physiological and Pathophysiological Consequences of Mechanical Ventilation. Seminars Respiratory Critical Care Medicine. 2022 Jun;43(3):321-334. doi: 10.1055/s-0042-1744447
5. Sinitsa EA, Yakubtsevich RE. Ultrasound examination of the diaphragm as a predictor of successful ventilator weaning of patients. Zhurnal GrGMU. 2024;22(1):13-18. (In Russ.). doi: 10.25298/2221-8785-2024-22-1-13-18
6. Yoshida T, Fujino Y, Amato MBP, Kavanagh BP. Fifty Years of Research in ARDS. Spontaneous Breathing during Mechanical Ventilation. Risks, Mechanisms, and Management. American Journal Respiratory Critical Care Medicine. 2017 Apr;195(8):985-992. doi: 10.1164/rccm.201604-0748CP
7. Satisur OE. Mechanical ventilation of the lungs. Moscow, RF: Med lit; 2006. 352 p. (In Russ.)
8. Samolyuk BB, Ilyukevich GV. Non-invasive ventilation today - efficacy, safety and comfort. Meditsinskie Novosti. 2016;(8):14-17. (In Russ.)
9. Pham T, Telias I, Piraino T, Yoshida T, Brochard LJ. Asynchrony Consequences and Management. Critical Care Clinics. 2018 Jul;34(3):325-341. doi: 10.1016/j.ccc.2018.03.008
10. Murias G, Villagra A, Blanch L. Patient-ventilator dyssynchrony during assisted invasive mechanical ventilation. Minerva Anesthesiologica. 2013 Apr;79(4):434-444.
11. Shurygin IA. Artificial ventilation as a medical technology. Moscow, RF: BINOM; 2020. 630 p. (In Russ.)
12. Turan Civraz AZ, Saracoglu A, Saracoglu KT. Evaluation of the Effect of Pressure-Controlled Ventilation-Volume Guaranteed Mode vs. Volume-Controlled Ventilation Mode on Atelectasis in Patients Undergoing Laparoscopic Surgery: A Randomized Controlled Clinical Trial. Medicina (Kaunas). 2023 Oct;59(10):1783. doi: 10.3390/medicina59101783
13. Szakmar E, Morley CJ, Belteki G. Analysis of peak inflating pressure and inflating pressure limit during neonatal volume guaranteed ventilation. Journal Perinatology. 2019 Jan;39(1):72-79. doi: 10.1038/s41372-018-0228-2
14. Souza Leite W, Novaes A, Bandeira M, Ribeiro EO, Dos Santos AM, de Moura PH, et al. Patient-ventilator asynchrony in conventional ventilation modes during short-term mechanical ventilation after cardiac surgery: randomized clinical trial. Multidisciplinary Respiratory Medicine. 2020 Apr;15(1):650. doi: 10.4081/mrm.2020.650
15. Lasocki S, Labat F, Planteveve G, Desmard M, Mentec H. A Long-Term Clinical Evaluation of AutoFlow During Assist-

- Controlled Ventilation: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesia Analgesia*. 2010 Oct;111(4):915-921. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181f00015
16. Esperanza JA, Sarlabous L, de Haro C. Monitoring Asynchrony During Invasive Mechanical Ventilation. *Respiratory Care*. 2020 Jun;65(6):847-869. doi: 10.4187/respcare.07404
17. Damiani LF, Goligher EC. Lung and Diaphragm Protection During Mechanical Ventilation: Synchrony Matters. *Critical Care Medicine*. 2023 Nov;51(11):1618-1621. doi: 10.1097/CCM.0000000000006013
18. Kelbel C, Schönhofer B. Beatmung und Analgosedierung. *Pneumologie*. 2007 Jun;61(6):357-362. doi: 10.1055/s-2007-959194

Submitted 06.12.2024

Accepted 14.04.2025

Сведения об авторах:

В.А. Дудко – зав. отделением анестезиологии и реанимации Центра сердечно-сосудистой хирургии, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», старший преподаватель филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», <https://orcid.org/0000-0002-5959-5454>;

Т.И. Дорошкова – врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации Центра сердечно-сосудистой хирургии, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», <https://orcid.org/0000-0002-4426-0213>;

Липницкий Артур Леонидович – к.м.н., доцент, зав. отделением по координации забора органов и тканей для трансплантации, Могилёвская областная клиническая больница; доцент филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный медицинский университет, <https://orcid.org/0000-0002-2556-4801>, e-mail: Lipnitski.al@gmail.com;

А.В. Марочков – д.м.н., профессор, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, Могилёвская областная клиническая больница; профессор филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный медицинский университет, <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

В.А. Ливинская – к.физ.-мат.н., доцент кафедры «Финансы и бухгалтерский учет», МОУВО «Белорусско-Российский университет», <https://orcid.org/0000-0001-8953-8533>.

Information about authors:

V.A. Dudko – Head of the Anesthesiology and Resuscitation Department of the Cardiovascular Surgery Center of the Mogilev Regional Clinical Hospital, Senior Lecturer of the Branch of the Departments of Anesthesiology and Resuscitation with the Course of Advanced Training and Continuing Education and Hospital Surgery with the Course of Advanced Training and Continuing Education of the Vitebsk State Order of Friendship of Peoples Medical University, <https://orcid.org/0000-0002-5959-5454>;

T.I. Doroshkova – Anesthesiologist Resuscitator of the Anesthesiology and Resuscitation Department of the Cardiovascular Surgery Center of the Mogilev Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0002-4426-0213>;

Artur L. Lipnitski – Candidate of Medical Sciences, head of the department for coordination of taking organs and tissues for transplantation, Mogilev Regional Clinical Hospital; associate professor of the affiliated branch of the Chairs of Anesthesiology and Resuscitation with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining and Hospital Surgery with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, <https://orcid.org/0000-0002-2556-4801>, e-mail: Lipnitski.al@gmail.com;

A.V. Marochkov – Doctor of Medical Sciences, professor, anesthesiologist-resuscitator of the anesthesiology and resuscitation department, Mogilev Regional Clinical Hospital; professor of the branch of the Chairs of Anesthesiology & Resuscitation and Hospital Surgery with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

V.A. Livinskaya – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Chair «Finance & Accounting», Belarusian-Russian University, <https://orcid.org/0000-0001-8953-8533>.