



Интенсивная терапия астматического статуса в педиатрической практике

©Ю.В. Быков^{1,2*}, А.Н. Обедин^{1,3}, А.А. Муравьева¹, О.В. Зинченко¹

¹Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Россия

²Детская городская клиническая больница им. Г.К. Филиппского, Ставрополь, Россия

³Ставропольский краевой клинический перинатальный центр № 1, Ставрополь, Россия

* Ю.В. Быков, Ставропольский государственный медицинский университет, 355017, Ставрополь, ул. Мира, д. 310, yubykov@gmail.com

Поступила в редакцию 15 января 2024 г. Исправлена 26 мая 2024 г. Принята к печати 8 августа 2024 г.

Резюме

Актуальность: Астматический статус у детей и подростков – экстренное состояние, требующее оказания неотложной специализированной помощи в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии.

Цель исследования: Определение современного состояния проблемы этиопатогенеза, диагностики и интенсивной терапии при астматическом статусе в детском возрасте.

Материалы и методы: Выполнен поиск и анализ научных работ с использованием баз данных Cochrane Library, PubMed и Medscape по поисковым словам: «астматический статус, дети и подростки, глюкокортикоиды, интенсивная терапия, искусственная вентиляция легких». Для обзора отобрано 42 источника. Критериями включения работ в обзор были: наличие описания патогенеза, клинических проявлений и особенностей интенсивной терапии при астматическом статусе в детском и подростковом возрасте. Критерием исключения работ из обзора являлись статьи, содержащие информацию по этиопатогенезу, клинике и неотложной помощи при астматическом статусе у пациентов взрослого и пожилого возраста.

Результаты: К препаратам первой линии при купировании астматического статуса относят глюкокортикостероиды и β_2 -агонисты. Важное значение для детей имеет проведение оксигенотерапии, в том числе высокотоочная подача кислорода и неинвазивная вентиляция легких с положительным давлением. К препаратам второй линии относят метликсантины, антихолинэргические средства и сульфат магния. При неэффективности медикаментозной терапии у детей с астматическим статусом проводится интубация трахеи и искусственная вентиляция легких.

Заключение: Астматический статус в педиатрической практике является неотложным состоянием с высоким летальным риском, требующим грамотного оказания экстренной помощи. Знание пошаговой интенсивной терапии улучшит оказание помощи при данном патологическом состоянии у детей и подростков.

Ключевые слова: астматический статус, дети и подростки, интенсивная терапия, β_2 -агонисты, глюкокортикостероиды, искусственная вентиляция легких

Цитировать: Быков Ю.В., Обедин А.Н., Муравьева А.А., Зинченко О.В. Интенсивная терапия астматического статуса в педиатрической практике. *Инновационная медицина Кубани*. 2025;10(1):128–135. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-1-128-135>

Intensive Care Management of Pediatric Status Asthmaticus

©Yuri V. Bykov^{1,2*}, Alexander N. Obedin^{1,3}, Alla A. Muravyova¹, Oleg V. Zinchenko¹

¹Stavropol State Medical University, Stavropol, Russian Federation

²Filippovskiy Children's City Clinical Hospital, Stavropol, Russian Federation

³Stavropol Regional Clinical Perinatal Center No. 1, Stavropol, Russian Federation

* Yuri V. Bykov, Stavropol State Medical University, ulitsa Mira 310, Stavropol, 355017, Russian Federation, yubykov@gmail.com

Received: January 15, 2024. Received in revised form: May 26, 2024. Accepted: August 8, 2024.

Abstract

Background: Status asthmaticus (SA) in children and adolescents is a medical emergency that requires immediate specialized care in an intensive care unit.

Objective: To determine the current state of the problem regarding etiopathogenesis, diagnosis, and intensive care management of pediatric SA.

Materials and methods: We searched keywords (status asthmaticus, children and adolescents, glucocorticoids, intensive care, mechanical ventilation) in the Cochrane Library, PubMed, and Medscape and analyzed the found papers. We selected 42 sources for the



review. The inclusion criterion was the description of the pathogenesis, clinical manifestations, and intensive care features in children and adolescents with SA. The exclusion criterion was the information on etiopathogenesis, clinical manifestations, and emergency care in adults and older adults with SA.

Results: Glucocorticoids and β_2 -agonists are the first line of therapy in SA. Oxygen therapy, including high-flow oxygen delivery and noninvasive positive pressure ventilation, is critical in pediatric cases. The second-line treatment includes methylxanthines, anticholinergic drugs, and magnesium sulfate. In case of drug treatment failure, children are intubated and placed on mechanical ventilation.

Conclusions: Pediatric SA is a medical emergency with a high mortality risk, requiring competent emergency care. Knowledge of step-by-step intensive therapy will improve the management of this condition in children and adolescents.

Keywords: status asthmaticus, children and adolescents, intensive care, β_2 -agonists, glucocorticoids, mechanical ventilation

Cite this article as: Bykov YuV, Obedin AN, Muravyova AA, Zinchenko OV. Intensive care management of pediatric status asthmaticus. *Innovative Medicine of Kuban*. 2025;10(1):128–135. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-1-128-135>

Введение

Бронхиальная астма (БА) является наиболее частым хроническим заболеванием детского возраста, которым страдают от 10 до 20% детей во всем мире [1–5]. В настоящее время более, чем у 6 млн детей в возрасте до 18 лет диагностирована БА, и у большинства из этих пациентов имеется неудовлетворительный контроль над заболеванием, несмотря на современные и эффективные методы терапии [6–8]. Тяжесть БА может варьироваться от легкой до тяжелой; однако, несмотря на клиническую выраженность заболевания, все дети подвержены риску развития декомпенсации [4]. Обострения и тяжелые формы БА являются причиной до 20% всех госпитализаций в детские отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [4, 9–13].

Для обозначения крайне тяжелых форм БА используются несколько терминов, включая: «астматический статус» (АС), «критическая БА» и «БА, близкая к летальному исходу» [4, 6, 14, 15]. В данной работе будет использоваться термин «АС».

Согласно современным представлениям, АС – это приступ БА тяжелой степени тяжести, не купирующийся на фоне традиционной терапии, с высоким риском развития летального исхода, который не реагирует на подачу кислорода, повторное введение ингаляционных β_2 -агонистов и глюкокортикостероидов (ГКС) [10, 12, 16–18]. По другим определениям, АС – это экстренное патологическое состояние, крайняя форма обострения БА, характеризующаяся гипоксемией, гиперкапнией и вторичной острой дыхательной недостаточностью (ОДН) [8].

Цель исследования

Определение современного состояния проблемы этиопатогенеза, диагностики и интенсивной терапии при АС в детском возрасте.

Материалы и методы

Выполнен поиск и анализ научных работ с использованием баз данных Cochrane Library, PubMed и Medscape по поисковым словам: «астматический статус, дети и подростки, глюкокортикоиды, интенсивная терапия, искусственная вентиляция легких». Для обзора отобрано 43 источника. Критериями включения ра-

бот в обзор были: наличие описания патогенеза, клинических проявлений и особенностей интенсивной терапии при АС в детском и подростковом возрасте. Критерием исключения работ из обзора являлись статьи, содержащие информацию по этиопатогенезу, клинике и неотложной помощи при АС у пациентов взрослого и пожилого возраста.

Результаты

Этиопатогенез

БА характеризуется гиперреактивностью дыхательных путей, которая приводит к эпизодической и обратимой бронхообструкции в ответ на провоцирующие триггеры [3, 10, 19, 20]. Спазм гладкой мускулатуры бронхов, воспаление дыхательных путей и повышенная выработка слизи – ключевые компоненты этиопатогенеза БА [13, 17, 21]. Эти факторы вызывают повышенное сопротивление дыхательных путей, что приводит к увеличению работы дыхательной мускулатуры и появлению экспираторной одышки [4]. По этиологии данное заболевание делят на две группы: экзогенную и эндогенную [3]. Экзогенная БА (или аллергическая форма) вызывается аллергенами и в основном связана с aberrантным воспалением при задействовании Т-хелперов 2-го типа (Th2) [3, 22]. Эндогенная БА провоцируется различными внутренними факторами, такими как: легочная инфекция, стресс, метаболические нарушения (ожирение) и т. д. [3, 22].

На физиологическом уровне преждевременное закрытие дыхательных путей во время выдоха вызывает увеличение функциональной остаточной емкости и задержку воздуха, что приводит к вентилиционно-перфузионному нарушению и гипоксемии, вызываемыми анаэробный метаболизм и лактоацидоз [4, 8, 13, 21]. При АС повышенное сопротивление дыхательных путей и гипервентиляция приводят к перерастяжению паренхимы легких и грудной клетки, что затрудняет фазу вдоха [13, 21]. Фаза выдоха становится более продолжительной с формированием внутреннего положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) [4, 13]. Легочная вазоконстрикция, вторичная по отношению к гипоксии и ацидозу, при АС способствует увеличению постнагрузки правого желудочка [4].

Клинические проявления

Обострение БА вызывает такие симптомы, как: свистящее дыхание, экспираторная одышка (увеличение частоты дыхательных движений – ЧДД), стеснение в груди и сухой кашель, частота и интенсивность которых со временем меняются, в зависимости от выраженности обструкции дыхательных путей [1, 13, 23]. Ведущими признаками утяжеления состояния и надвигающейся ОДН у ребенка являются: невозможность говорить и сонливость, выраженный цианоз, сохранение учащенного дыхания с участием вспомогательной мускулатуры, с последующим брадипноэ или наличием удушья; положение, сидя с упором на руки (у детей старшего возраста), частота сердечных сокращений (ЧСС) >120 уд. в мин, артериальная гипотензия, нарушение уровня сознания вплоть до комы [4, 24–26]. Свистящее дыхание является частым клиническим признаком у детей с АС, которое возникает из-за турбулентного потока воздуха в обтурированных дыхательных путях [4]. Наличие зон «немое легкое» является прогностически неблагоприятным признаком нарастающей обструкции дыхательных путей [4]. К критериям АС также относят: пиковую скорость выдоха (ПСВ) 33% от лучших значений пациента; гипоксемию ($SpO_2 < 92\%$; $PaO_2 < 60$ мм рт. ст.); нормокапнию ($PaCO_2$ 35–45 мм рт. ст.); и наличие ацидоза ($pH < 7,25$) [24, 26]. При клинической диагностике АС у детей и подростков необходимо отличать данное патологическое состояние от тяжелого приступа БА (табл. 1).

Интенсивная терапия

Первая линия интенсивной терапии АС у детей и подростков состоит в назначении увлажненного кислорода, сальбутамола (альбутерола) и ГКС [10, 21, 28]. Тем не менее, врачи достаточно часто при купировании АС сразу используют несколько фармакологических методов лечения второго уровня, включая ингаляции гелиокса, внутривенный эуфиллин, кетамин и тербуталин [27]. Интенсивная терапия АС должна проводиться только в условиях ОРИТ [10, 21]. Детям, поступившим в ОРИТ, необходим постоянный мониторинг кардиореспираторного статуса (ЧСС, ар-

териальное давление, ЧДД и SpO_2) [4]. Пациентам, требующим искусственной вентиляции легких (ИВЛ), следует установить центральный венозный и мочевого катетер [4]. Дети и подростки с АС – зачастую самые тяжелые пациенты в ОРИТ, которые требуют квалифицированного ухода, контроля за гидробалансом, а также частых клинических осмотров [4].

Пациенты с АС должны получать изотонические внутривенные жидкости до тех пор, пока устойчивое улучшение респираторного статуса не позволит безопасно начать энтеральное питание [27]. Как только эуволемиа восстановится, следует начать поддерживающее внутривенное введение жидкости [27]. Важно уделять пристальное внимание содержанию калия в сыворотке крови, которое может снижаться из-за применения агонистов β_2 -рецепторов [27].

Первая линия интенсивной терапии астматического статуса

Оксигенотерапия

Неинвазивная респираторная поддержка является обязательной опцией при АС у детей и подростков [10, 21, 29]. Детям с АС и $SpO_2 < 94\%$ рекомендуется ингаляционное введение увлажненного кислорода через плотно прилегающую маску или назальные канюли для достижения нормальной сатурации (94–98%) [5, 29, 30]. На сегодня еще нет единого мнения относительно целевого уровня SpO_2 , который следует рассматривать как критерий начала проведения оксигенотерапии при АС в педиатрической практике [31]. В недавних рекомендациях итальянских специалистов по лечению приступов БА указано о начале оксигенотерапии при $SpO_2 < 92\%$, тогда как в руководствах Британского торакального общества предлагается проводить подачу кислорода через маску или назальные канюли при показателях $SpO_2 < 94\%$ [22]. Выбор интерфейса для проведения оксигенотерапии зависит от возраста и анатомических особенностей лица ребенка, его комплаентности и тяжести ОДН [22]. Когда дети не могут поддерживать $SpO_2 > 95\%$ с помощью назальной канюли или лицевой маски, можно рассмотреть альтернативный метод оксигенотерапии, включая высокопоточную подачу кислорода (ВПК)

Таблица
Дифференциальная диагностика между тяжелым приступом бронхиальной астмы и астматическим статусом [27]

Table
Differential diagnosis between severe asthma attack and status asthmaticus [27]

Тяжелый приступ БА	АС
ПСВ ~ 33–50% от лучших значений ЧДД 40 мин для детей до 5 лет Пульс 110 мин – подростки; 150 в мин – дети 5 лет; 180 в мин – 0–3 года Невозможность произнести фразу на одном выдохе	ПСВ $< 33\%$ от лучших значений $SpO_2 < 92\%$ $PaCO_2 < 60$ мм рт. ст. Нормокапния ($PaCO_2$ 35–45 мм рт. ст.) «Немое» легкое, цианоз, слабые дыхательные усилия Брадикардия, гипотензия, утомление, оглушение, кома

или неинвазивную вентиляцию легких с положительным давлением (НВЛПД) [31, 32]. Было показано, что применение ВПК обладает физиологическими преимуществами, имеет альтернативу перед инвазивной ИВЛ для лечения ОДН и снижает риск осложнений, связанных с эндотрахеальной интубацией (в частности, риск баротравмы) [11, 22, 33].

НВЛПД все чаще используется при лечении детей с АС [21]. Постоянное положительное давление в дыхательных путях обеспечивает единую степень поддержки давлением на протяжении всего дыхательного цикла [20, 21]. Рекомендуются положительное давление на вдохе 10 см вод. ст., на выдохе – 5 см вод. ст. [4]. Было показано, что раннее назначение НВЛПД эффективно купирует ОДН и позволяет избежать эндотрахеальной интубации при АС [21]. НВЛПД хорошо переносится детьми, включая пациентов в возрасте до 1 года [4].

Гелиокс

Гелиокс представляет собой смесь гелия с кислородом в соотношении 70:30 или 60:40, которая снижает сопротивление и турбулентность дыхательных путей, за счет чего происходит уменьшение тахипноэ (в РФ не зарегистрирован) [4, 8]. На фоне ингаляций гелиокса у детей с АС также отмечается снижение ЧСС и увеличение пиковой скорости кровотока [8, 26]. Имеются ограниченные доказательства эффективности гелиокса при АС в детском возрасте [4]. Показано, что гелиокс снижает пиковое давление в дыхательных путях у детей с АС которые находятся на ИВЛ за счет уменьшения функциональной остаточной емкости легких [4]. Существующие данные не подтверждают рутинное использование гелий-кислородных смесей всем детям в ОРИТ с АС [4].

β_2 -агонисты (селективные β_2 -адреномиметики)

Ингаляционные β_2 -агонисты короткого действия являются препаратами первого выбора при обострении БА и ее тяжелых формах [8, 14]. Они вызывают бронходилатацию посредством активации аденилатциклазы, что приводит к повышению внутриклеточных уровней циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) [4, 14]. Эти препараты также могут увеличивать сократимость диафрагмы, усиливать мукоцилиарный клиренс и ингибировать выработку бронхоспастических медиаторов из тучных клеток [14]. Во время эпизода АС эффективная доставка ингаляционных препаратов непредсказуема из-за тяжелой обструкции дыхательных путей, поэтому в ПРИТ необходимы большие и более частые дозы β_2 -агонистов, чем при традиционной терапии [8, 18]. β_2 -агонисты вводятся ингаляционным или парентеральным путем; энтеральные формы этих препаратов не играют никакой положительной роли при АС [14]. Парентеральные β_2 -агонисты показаны детям, у которых ингаляционная терапия не может достичь дистальных отделов дыхательных путей [4, 14].

Сальбутамол (альбутерол) представляет собой препарат первой линии из группы β_2 -агонистов для лечения АС у детей, так как он обеспечивает почти в 4 раза большую бронходилатацию, чем метилксантины или антихолинергические препараты [14, 25]. Начало действия сальбутамола составляет <5 мин, а продолжительность – от 3-х до 6 ч [20]. При непрерывном небулайзерном режиме сальбутамол вводят из расчета 0,5 мг/кг/ч до достижения максимальной дозы 20 мг/ч [14, 16, 17, 25, 26]. В отдельных работах описаны схемы использования высоких доз сальбутамола при АС в ОРИТ: от 75 и даже до 150 мг/ч [4, 17].

Внутривенное введение β_2 -агонистов следует рассматривать у детей, состояние которых не улучшается при непрерывной ингаляции сальбутамола из-за снижения дыхательного потока и объема, что приводит к уменьшению доставки препарата в бронхи [4]. Другой представитель β_2 -агонистов – бриканил (тербуталин) вводят путем в/в инфузии в дозе от 0,1 до 10 мкг/кг/мин (в РФ парентеральная форма не зарегистрирована) [4, 14]. Подкожное введение бриканила используется у детей с острым ухудшением респираторного статуса и при отсутствии венозного доступа в дозе 0,01 мг/кг (максимум 0,25 мг) каждые 20 мин (при необходимости до 3-х раз) [4, 14].

Глюкокортикостероиды

Большинство имеющихся данных подтверждают достоверную эффективность ГКС при АС у детей и подростков [4, 5, 8, 14, 20]. ГКС уменьшают воспаление дыхательных путей и выработку слизи, усиливают действие β_2 -агонистов в гладких мышцах, увеличивая плотность, сродство и функциональность β -адренергических рецепторов [4, 14, 21, 34]. Также эта группа препаратов уменьшает воспаление дыхательных путей с помощью ряда механизмов, включая подавление выработки цитокинов (IL-1, 4, 5, 6, 13), молекул адгезии и индуцируемых ферментов, включая NO-синтазу и циклооксигеназу-2 [14, 21].

Обычно используемые парентеральные ГКС включают гидрокортизон, преднизолон и дексаметазон [27]. Детям с АС данную группу препаратов в ОРИТ следует вводить в/в [4, 14, 25]. Эффект ГКС начинается через 1–3 ч и достигает пика через 4–8 ч [4]. Показано, что при введении ГКС в течение первого часа после поступления и в ПРИТ («правило золотой часа») риски повторной госпитализации значительно снижаются [5]. Рекомендуются ударная доза преднизолона составляет 2 мг/кг в/в, а затем 0,5 мг/кг каждые 6 ч в течение 5–7 дней [4, 14, 25, 26]. Гидрокортизон обладает как глюкокортикоидной, так и минералокортикоидной активностью и может использоваться в качестве альтернативы в дозах от 2 до 4 мг/кг в/в каждые 6 ч [14]. Дексаметазон – синтетический гормон коры надпочечников, метилированное производное фторпреднизолона, обладает более продолжительным действием, чем

преднизолон, особенно при внутримышечном введении [27]. Парентеральная доза дексаметазона при АС у детей в среднем составляет 1 мг/кг [27].

На сегодняшний день существует недостаточно опубликованных данных относительно продолжительности применения ГКС для лечения АС у детей [14, 21, 25]. Длительность терапии ГКС обычно определяется тяжестью обострения БА и быстротой реакции на терапию [21]. Если лечение ГКС длится более 7 дней, рекомендуется медленное снижение дозы, чтобы уменьшить вероятность симптоматической надпочечниковой недостаточности или рецидива БА [14, 21].

Вторая линия интенсивной терапии астматического статуса

Антихолинергические средства

Ингаляции антихолинергических препаратов считаются важным дополнением при лечении АС у детей в условиях ОРИТ [4]. Антихолинергические средства вызывают бронходилатацию за счет ингибирования холинергического бронхоспазма из-за снижения уровня цАМФ [14, 25]. Считается, что ипратропия бромид при купировании АС предпочтительнее атропина, поскольку он не проникает через гематоэнцефалический барьер и не вызывает центральных антихолинергических побочных эффектов, а также не ингибирует мукоцилиарный клиренс [4, 14]. Хотя ипратропия бромид обладает медленным началом действия (60–90 мин), его рекомендуется применять при АС в качестве комбинированной терапии с салбутамолом, поскольку данная схема сокращает время пребывания детей с АС в ОРИТ и снижает частоту повторных госпитализаций [14, 20, 25]. Кокрейновский обзор у детей с АС показал, что антихолинергические препараты, такие как ипратропия бромид, уменьшают побочные эффекты в виде тошноты и тремора, обычно вызываемые частым применением салбутамола во время острого приступа БА [5].

Сульфат магния

Известно, что магний ингибирует опосредованное кальцием сокращение гладких мышц, уменьшает высвобождение ацетилхолина в нервно-мышечных синапсах и увеличивает силу дыхательной мускулатуры [4, 8]. Магний также уменьшает высвобождение гистамина из тучных клеток и оказывает противовоспалительное действие за счет уменьшения выработки супероксида нейтрофилами [20].

Есть рекомендации по однократному в/в введению сульфата магния детям с АС в ОРИТ с рефрактерными клиническими проявлениями через 1 ч после неудовлетворительного эффекта в/в ГКС [14, 28, 35]. Обычная доза сульфата магния для детей с АС составляет от 25 до 50 мг/кг (максимальная доза 2 г), в/в в течение 20–30 мин [4, 14, 36]. Клинический ответ при введении магния наступает быстро (несколько минут) и обычно наблюдается уже во время стартовой инфузии [14].

По данным Кокрейновского обзора (5 рандомизированных клинических исследований – РКИ), дети с АС, получавшие в/в введение магния, на 68% реже повторно госпитализировались в стационар [20]. Сульфат магния улучшает проявления бронхоспазма у детей с острой БА тяжелой степени при добавлении к классической терапии [4, 36]. Однако другие РКИ не смогли показать улучшение тяжести заболевания или снижение частоты госпитализаций при назначении магния у детей с АС [37].

Метилксантины

Метилксантины, такие как теофиллин и эуфиллин (аминофиллин), способствуют бронходилатации путем ингибирования фосфодиэстеразы-4 и повышения уровня цАМФ [4, 14]. Другие механизмы включают: усиление сократимости диафрагмы, стимуляцию высвобождения эндогенных катехоламинов, антагонизм к простагладинам и ингибирование активности афферентных нейронов [4, 14]. Однако эти препараты гораздо менее эффективны и связаны с более серьезными побочными эффектами [17, 25]. Поэтому в настоящее время метилксантины при лечении АС в детском возрасте используют реже, в том числе из-за отсутствия доказанного превосходства над внутривенным введением сульфата магния или β_2 -агонистами и узким терапевтическим окном [17, 38].

Нагрузочная доза эуфиллина (5–6 мг/кг) обычно вводится в течение 20 мин, после чего немедленно следует непрерывная поддерживающая инфузия препарата в дозе от 0,5 до 1 мг/кг/ч [14, 16]. Теофиллин следует назначать пациентам с тяжелым обострением БА и нарастающей ОДН или детям, находящимся на ИВЛ, которые уже получают другие бронхолитические или противовоспалительные препараты [4].

Интубация трахеи и искусственная вентиляция легких

Лишь небольшому количеству детей с АС (10–12%) требуется эндотрахеальная интубация и ИВЛ с возможным постоянным введением миорелаксантов [8, 10, 39]. Однако крайне важным является необходимость тщательного мониторинга за ребенком во избежание возможной задержки интубации трахеи при нарастании тяжести состояния [15, 26]. Показания к интубации при АС у детей точно не определены, и решение о проведении манипуляции во многом основывается на клинической оценке и не требует анализа газов крови [8, 14, 21]. Рекомендовано проводить ИВЛ пациентам с БА в критическом состоянии, у которых, несмотря на максимальные терапевтические усилия, наблюдается стойкая гипоксемия, нарастающая одышка, сильное возбуждение или заторможенность [14]. Непосредственными показаниями к интубации при АС у детей являются [8, 14]: остановка сердца и дыхания; тяжелое нарушение сознания или кома; явные признаки нарастающей ОДН. Необходимо помнить, что интубация детей

с АС осложняется ацидозом и гипоксемией, снижением венозного возврата из-за положительного давления в дыхательных путях и гемодинамическими эффектами препаратов, используемых для интубации [14]. Риск перинтубационной остановки сердца можно снизить с помощью преоксигенации, в/в введения жидкости, продуманного выбора анестетиков и миорелаксантов, своевременной установки эндотрахеальной трубки с манжетой и предотвращения гипервентиляции [14].

ИВЛ является достаточно сложной задачей при АС [20]. Наиболее распространенными режимами ИВЛ у детей с АС считаются синхронизированные формы контроля по давлению и объему, режим контролируемого объема, регулируемого давлением (Pressure Regulated Volume Control, PRVC) и поддержка ПДКВ [14]. В настройках вентиляции у детей при данной патологии следует использовать низкие дыхательные объемы (5–10 мл/кг), более низкую частоту дыхания в соответствии с возрастом, соотношение времени вдоха и выдоха от 1:4 до 1:5 и давление плато <35 см вод. ст. [20]. По некоторым данным предпочтительна ИВЛ с поддержкой давлением, позволяющим пациенту самостоятельно устанавливать частоту и дыхательный объем [20, 21]. Не существует убедительных доказательств того, что один режим ИВЛ при АС в детском возрасте превосходит другой [14, 21].

Средства для анестезии

Кетамин

Кетамин – препарат быстрого действия с хорошо известным седативным и анальгезирующим действием [10]. Использование кетамина при АС объясняется его симпатической стимуляцией с последующим расслаблением гладких мышц и бронходилатацией [10]. Кетамин улучшает эластичность лёгких и мукоцилиарный клиренс, а также снижает сопротивление дыхательных путей [10, 40]. Несмотря на отсутствие в настоящее время доказательств высокого уровня, в некоторых РКИ сообщается о благоприятных клинических эффектах от использования кетамина у детей, поступающих в ОРИТ с АС [4]. Кетамин часто рекомендуется для экстренной интубации при АС вместе с сукцинилхолином [8]. Обычная доза составляет от 1 до 2 мг/кг, вводимая в/в со скоростью 0,5 мг/кг в минуту [8, 41]. У детей с АС ударная доза кетамина (2 мг/кг) с последующими постоянными инфузиями (20–60 мкг/кг/мин) значительно улучшала соотношение $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ у всех пациентов, а также пиковое давление вдоха у детей на ИВЛ [41].

Пропофол

Пропофол является предпочтительным препаратом выбора из-за его быстрого начала действия, способности достигать глубокой седации и легкого бронхолитического эффекта [8]. Однако длительное применение пропофола у детей с АС повышает риск увеличения

выработки углекислого газа, поскольку он содержится в растворителе на жировой основе [8].

Миорелаксанты

Для пациентов, которые продолжают оставаться десинхронизированными с аппаратом ИВЛ, несмотря на седацию, и у которых есть риск развития баротравмы, необходимо рассмотреть возможность применения миорелаксантов [8]. Продолжительность и глубина мышечной релаксации должны быть ограничены, чтобы снизить риск миопатий [21]. Атракурий является препаратом выбора из-за более низкого риска развития миопатии, хотя он может вызывать бронхоспазм из-за высвобождения гистамина [8].

Заключение

Астматический статус – тяжелое и опасное осложнение БА у детей и подростков, требующее оказания неотложной помощи в условиях ОРИТ. Оптимальным алгоритмом при купировании АС в педиатрической практике является пошаговая медикаментозная терапия с оценкой клинической динамики после каждого этапа. В качестве стартовой терапии должны рассматриваться β_2 -агонисты, ГКС и антихолинергические препараты на фоне постоянной оксигенотерапии (первый этап). В случае неэффективности проводимого лечения, необходимо рассмотреть назначение эуфиллина, кетамина или магния сульфата (второй этап). При резистентности к фармакологической терапии производится интубация трахеи с переводом ребенка на ИВЛ.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна исследования: Ю.В. Быков

Сбор, анализ и интерпретация данных: Ю.В. Быков, А.А. Муравьева, О.В. Зинченко

Подготовка и редактирование текста: Ю.В. Быков, А.Н. Обедин, А.А. Муравьева

Author contributions

Concept and design: Bykov

Acquisition, analysis, or interpretation of data: Bykov, Muravyova, Zinchenko

Manuscript drafting and revising: Bykov, Obedin, Muravyova

Литература/References

1. Fainardi V, Caffarelli C, Deolmi M, et al; Emilia-Romagna Asthma (ERA) Study Group. Maintenance therapy for children and adolescents with asthma: guidelines and recommendations from the Emilia-Romagna Asthma (ERA) Study Group. *J Clin Med*. 2023;12(17):5467. PMID: 37685533. PMCID: PMC10487522. <https://doi.org/10.3390/jcm12175467>
2. Akinbami LJ, Moorman JE, Bailey C, et al. Trends in asthma prevalence, health care use, and mortality in the United States, 2001–2010. *NCHS Data Brief*. 2012;(94):1–8. PMID: 22617340.
3. Habib N, Pasha MA, Tang DD. Current understanding of asthma pathogenesis and biomarkers. *Cells*. 2022;11(17):2764. PMID: 36078171. PMCID: PMC9454904. <https://doi.org/10.3390/cells11172764>
4. Nievas IF, Anand KJ. Severe acute asthma exacerbation in children: a stepwise approach for escalating therapy in a pediatric intensive

- care unit. *J Pediatr Pharmacol Ther.* 2013;18(2):88–104. PMID: 23798903. PMCID: PMC3668947. <https://doi.org/10.5863/1551-6776-18.2.88>
5. Jones H, Lawton A, Gupta A. Asthma attacks in children: challenges and opportunities. *Indian J Pediatr.* 2022;89(4):373–377. PMID: 35061205. PMCID: PMC8776553. <https://doi.org/10.1007/s12098-021-04069-w>
6. Grunwell JR, Travers C, Fitzpatrick AM. Inflammatory and comorbid features of children admitted to a PICU for status asthmaticus. *Pediatr Crit Care Med.* 2018;19(11):e585–e594. PMID: 30106766. PMCID: PMC6218278. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001695>
7. Dharmage SC, Perret JL, Custovic A. Epidemiology of asthma in children and adults. *Front Pediatr.* 2019;7:246. PMID: 31275909. PMCID: PMC6591438. <https://doi.org/10.3389/fped.2019.00246>
8. Chakraborty RK, Basnet S. Status Asthmaticus. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing; 2024. PMID: 30252326.
9. Biagini Myers JM, Simmons JM, Kerckmar CM, et al. Heterogeneity in asthma care in a statewide collaborative: the Ohio Pediatric Asthma Repository. *Pediatrics.* 2015;135(2):271–279. PMID: 25601985. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2230>
10. La Via L, Sanfilippo F, Cuttone G, et al. Use of ketamine in patients with refractory severe asthma exacerbations: systematic review of prospective studies. *Eur J Clin Pharmacol.* 2022;78(10):1613–1622. PMID: 36008492. PMCID: PMC9482594. <https://doi.org/10.1007/s00228-022-03374-3>
11. Gates RM, Haynes KE, Rehder KJ, Zimmerman KO, Rotta AT, Miller AG. High-flow nasal cannula in pediatric critical asthma. *Respir Care.* 2021;66(8):1240–1246. PMID: 33975902. <https://doi.org/10.4187/respcare.08740>
12. Karube T, Goins T, Karsies TJ, Gee SW. Reducing avoidable transfer delays in the pediatric intensive care unit for status asthmaticus patients. *Pediatr Qual Saf.* 2022;7(1):e527. PMID: 35071962. PMCID: PMC8782102. <https://doi.org/10.1097/pq9.0000000000000527>
13. Silva Pde S, Barreto SS. Noninvasive ventilation in status asthmaticus in children: levels of evidence. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2015;27(4):390–396. PMID: 26761478. PMCID: PMC4738826. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20150065>
14. Shein SL, Speicher RH, Filho JO, Gaston B, Rotta AT. Contemporary treatment of children with critical and near-fatal asthma. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2016;28(2):167–178. PMID: 27305039. PMCID: PMC4943055. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20160020>
15. Newth CJ, Meert KL, Clark AE, et al; Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development Collaborative Pediatric Critical Care Research Network. Fatal and near-fatal asthma in children: the critical care perspective. *J Pediatr.* 2012;161(2):214–21.e3. PMID: 22494876. PMCID: PMC3402707. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.02.041>
16. Александрович Ю.С., Пшенисннов К.В. *Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии*. ГЭОТАР-Медиа; 2020.
- Alexandrovich YuS, Pshenisnov KV. *Respiratory Support in Critical Conditions in Pediatrics and Neonatology*. GEOTAR-Media; 2020. (In Russ.).
17. Фурман Е.Г., Каржавина Л.И., Пономарёва М.С., Хузина Е.А. Астматический статус в детском возрасте: клиническая практика и тактика ведения больных бронхиальной астмой. *Доктор.Ру.* 2018;(11):43–49. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2018-155-11-43-49>
- Furman EG, Karzhavina LI, Ponomaryova MS, Khuzina EA. Status asthmaticus at an early age: clinical practice and management of patients with bronchial asthma. *Doctor.Ru.* 2018;(11):43–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2018-155-11-43-49>
18. Boeschoten S, de Hoog M, Kneyber M, Merkus P, Boehmer A, Buysse C. Current practices in children with severe acute asthma across European PICUs: an ESPNIC survey. *Eur J Pediatr.* 2020;179(3):455–461. PMID: 31797080. PMCID: PMC7028840. <https://doi.org/10.1007/s00431-019-03502-9>
19. Bush A, Fleming L. Diagnosis and management of asthma in children. *BMJ.* 2015;350:h996. PMID: 25742964. <https://doi.org/10.1136/bmj.h996>
20. Lee MO, Sivasankar S, Pokrajac N, Smith C, Lumba-Brown A. Emergency department treatment of asthma in children: a review. *J Am Coll Emerg Physicians Open.* 2020;1(6):1552–1561. PMID: 33392563. PMCID: PMC7771822. <https://doi.org/10.1002/emp2.12224>
21. Carroll CL, Sala KA. Pediatric status asthmaticus. *Crit Care Clin.* 2013;29(2):153–166. PMID: 23537669. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2012.12.001>
22. Fainardi V, Caffarelli C, Bergamini BM, et al; Emilia-Romagna Asthma (ERA) Study Group. Management of children with acute asthma attack: a RAND/UCLA appropriateness approach. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(23):12775. PMID: 34886505. PMCID: PMC8657661. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312775>
23. Papi A, Brightling C, Pedersen SE, Reddel HK. Asthma. *Lancet.* 2018;391(10122):783–800. PMID: 29273246. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)33311-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)33311-1)
24. Schivo M, Phan C, Louie S, Harper RW. Critical asthma syndrome in the ICU. *Clin Rev Allergy Immunol.* 2015;48:31–44. PMID: 24234835. <https://doi.org/10.1007/s12016-013-8394-7>
25. Agnihotri NT, Saltoun C. Acute severe asthma (status asthmaticus). *Allergy Asthma Proc.* 2019;40(6):406–409. PMID: 31690381. <https://doi.org/10.2500/aap.2019.40.4258>
26. Потапова Н.Л. Жизнеугрожающая бронхиальная астма у детей: от предикторов до прогноза. *Российский вестник перинатологии и педиатрии.* 2021;66(2):29–34. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-2-29-34>
- Potapova NL. Life-threatening bronchial asthma in children: from predictors to prognosis. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics.* 2021;66(2):29–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-2-29-34>
27. Быков Ю.В., Масальский С.С., Обедин А.Н. и др. *Интенсивная терапия астматического статуса в педиатрии: учебное пособие*. Изд-во СтГМУ; 2024.
- Bykov YuV, Masalsky SS, Obedin AN, et al. *Intensive Care Management of Pediatric Status Asthmaticus: A Textbook*. Izd-vo StGMU; 2024. (In Russ.).
28. Johnson PN, Drury AS, Gupta N. Continuous magnesium sulfate infusions for status asthmaticus in children: a systematic review. *Front Pediatr.* 2022;10:853574. PMID: 35391743. PMCID: PMC8983002. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.853574>
29. Rehder KJ. Adjunct therapies for refractory status asthmaticus in children. *Respir Care.* 2017;62(6):849–865. PMID: 28546381. <https://doi.org/10.4187/respcare.05174>
30. Kelly AM, Kerr D, Powell C. Is severity assessment after one hour of treatment better for predicting the need for admission in acute asthma?. *Respir Med.* 2004;98(8):777–781. PMID: 15303644. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2004.01.008>
31. Indinnimeo L, Chiappini E, Miraglia Del Giudice M; Italian Panel for the management of acute asthma attack in children Roberto Bernardini. Guideline on management of the acute asthma attack in children by Italian Society of Pediatrics. *Ital J Pediatr.* 2018;44(1):46. PMID: 29625590. PMCID: PMC5889573. <https://doi.org/10.1186/s13052-018-0481-1>
32. Ballesterio Y, De Pedro J, Portillo N, Martinez-Mugica O, Arana-Arri E, Benito J. Pilot clinical trial of high-flow oxygen

therapy in children with asthma in the emergency service. *JPediatr*. 2018;194:204–210.e3. PMID: 29331328. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.10.075>

33. Mayordomo-Colunga J, Medina A, Rey C, et al. Predictive factors of non invasive ventilation failure in critically ill children: a prospective epidemiological study. *Intensive Care Med*. 2009;35(3):527–536. PMID: 18982307. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1346-7>

34. Edmonds ML, Milan SJ, Camargo CA Jr, Pollack CV, Rowe BH. Early use of inhaled corticosteroids in the emergency department treatment of acute asthma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;12(12):CD002308. PMID: 23235589. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002308.pub2>

35. Griffiths B, Kew KM, Normansell R. Intravenous magnesium sulfate for treating children with acute asthma in the emergency department. *Paediatr Respir Rev*. 2016;20:45–47. PMID: 27522304. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2016.07.001>

36. Rower JE, Liu X, Yu T, Mundorff M, Sherwin CM, Johnson MD. Clinical pharmacokinetics of magnesium sulfate in the treatment of children with severe acute asthma. *Eur J Clin Pharmacol*. 2017;73(3):325–331. PMID: 27909740. <https://doi.org/10.1007/s00228-016-2165-3>

37. Gürkan F, Haspolat K, Boşnak M, Dikici B, Derman O, Ece A. Intravenous magnesium sulphate in the management of moderate to severe acute asthmatic children nonresponding to conventional therapy. *Eur J Emerg Med*. 1999;6(3):201–205. PMID: 10622383. <https://doi.org/10.1097/00063110-199909000-00005>

38. Российское респираторное общество, Российская ассоциация аллергологов и клинических иммунологов, Союз педиатров России. *Клинические рекомендации «Бронхиальная астма»*. Министерство здравоохранения Российской Федерации; 2023.

Russian Respiratory Society, Russian Association of Allergologists and Clinical Immunologists, The Union of Pediatricians of Russia. *Clinical Guidelines. Bronchial Asthma*. Ministry of Health of the Russian Federation; 2023. (In Russ.).

39. Bratton SL, Newth CJ, Zuppa AF, et al; Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development Collaborative Pediatric Critical Care Research Network. Critical care for pediatric asthma: wide care variability and challenges for study. *Pediatr Crit Care Med*. 2012;13(4):407–414. PMID: 22067984. PMID: PMC3298633. <https://doi.org/10.1097/PCC.0b013e318238b428>

40. Mihaljević S, Pavlović M, Reiner K, Čačić M. Therapeutic mechanisms of ketamine. *Psychiatr Danub*. 2020;32(3–4):325–333. PMID: 33370729. <https://doi.org/10.24869/psyd.2020.325>

41. Gao M, Rejaei D, Liu H. Ketamine use in current clinical practice. *Acta Pharmacol Sin*. 2016;37(7):865–872. PMID: 27018176. PMID: PMC4933765. <https://doi.org/10.1038/aps.2016.5>

42. Youssef-Ahmed MZ, Silver P, Nimkoff L, Sagy M. Continuous infusion of ketamine in mechanically ventilated children with

refractory bronchospasm. *Intensive Care Med*. 1996;22(9):972–976. PMID: 8905436. <https://doi.org/10.1007/BF02044126>

Сведения об авторах

Быков Юрий Витальевич, к. м. н., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом ДПО, Ставропольский государственный медицинский университет; врач-анестезиолог-реаниматолог, Детская городская клиническая больница им. Г.К. Филиппского (Ставрополь, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-4705-3823>

Обедин Александр Николаевич, д. м. н., доцент, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии с курсом ДПО, Ставропольский государственный медицинский университет; заместитель главного врача по педиатрической помощи, Ставропольский краевой клинический перинатальный центр № 1 (Ставрополь, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9990-7272>

Муравьева Алла Анатольевна, к. м. н., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом ДПО, Ставропольский государственный медицинский университет (Ставрополь, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-4460-870X>

Зинченко Олег Васильевич, к. м. н., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом ДПО, Ставропольский государственный медицинский университет (Ставрополь, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-4729-5101>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Yuri V. Bykov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Anesthesiology and Intensive Care with the Additional Professional Education Course, Stavropol State Medical University; Anesthesiologist-Intensivist, Filippskiy Children's City Clinical Hospital (Stavropol, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-4705-3823>

Alexander N. Obedin, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care with the Additional Professional Education Course, Stavropol State Medical University; Deputy Chief Physician for Pediatric Care, Stavropol Regional Clinical Perinatal Center No. 1 (Stavropol, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9990-7272>

Alla A. Muravyova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Anesthesiology and Intensive Care with the Additional Professional Education Course, Stavropol State Medical University (Stavropol, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-4460-870X>

Oleg V. Zinchenko, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Anesthesiology and Intensive Care with the Additional Professional Education Course, Stavropol State Medical University (Stavropol, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-4729-5101>

Conflict of interest: none declared.