

УДК: 612.2-053.31:615.816

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ
И РЕСПИРАТОРНАЯ ПОДДЕРЖКА
У НОВОРОЖДЕННЫХ**В.И. Снисарь, Д.Н. Сурков,
А.А. Оболонский**ГУ «Днепропетровская медицинская
академия МОЗ Украины»
Областная детская клиническая
больница г.Днепропетровск
(г.Днепропетровск, Украина)**Ключевые слова:** дыхательная система, ново-
рожденные, вентиляция.**Резюме.** Статья посвящена физиологии дыхания у новорожденных, проведению им искусственной вентиляции легких и изменениям со стороны дыхательной системы, вызванным анестезией и операцией. Рассматриваются оптимальные методы респираторной поддержки у недоношенных и доношенных новорожденных. Отмечается, что новорожденные имеют высокий риск дыхательных осложнений во время анестезии, которые можно объяснить особенностью их физиологии дыхания. Во время анестезии и хирургического вмешательства может легко нарушиться баланс между объемом закрытия и функциональной остаточной емкостью легких, что сразу же приведет к дыхательным расстройствам. Поэтому стратегия вентиляционной терапии должна включать методики «открытия легких», а также избегать высокого дыхательного объема VT и излишней концентрации кислорода. При тяжелой дыхательной недостаточности часто используется высокочастотная осцилляционная вентиляция (HFOV), хотя у недоношенных детей, в сравнении с обычной вентиляцией, она не имеет преимуществ в снижении развития БЛД, летальных исходах, а также в частоте тяжелых неврологических осложнений. Что касается доношенных новорожденных, то своевременное начало HFOV может быть более эффективной, чем обычная механическая вентиляция. Данный обзор касается также таких вопросов, как применение ингаляции оксида азота, использования эндотрахеальных трубок с манжетками или без, влияния анестетиков на легкие у новорожденных, а также тех проблем с дыханием, которые могут возникнуть во время анестезии и операции.**Введение**

77% интраоперационных и 27% послеоперационных случаев остановок сердца, которые наблюдаются при анестезиях у детей, связаны с особенностями их системы дыхания [1,2]. Что касается новорожденных разного гестационного возраста, то риск при анестезии у них еще более высокий по сравнению с детьми старшего возраста. Все это может быть объяснено возрастными различиями в физиологии дыхания у этой категории младенцев. Данный обзор литературы посвящен особенностям дыхательной системы новорожденных, проведению им искусственной вентиляции легких и изменениям, вызванным анестезией и операцией. Хотелось также обсудить и оптимальные методы респираторной поддержки у недоношенных и доношенных новорожденных.

Как уже упоминалось, физиология легких и легочная механика у этой категории детей, особенно если они родились преждевременно, значи-

тельно отличаются от детей старшего возраста и взрослых. Детским анестезиологам нужно хорошо знать и иметь в виду физиологические особенности системы дыхания у новорожденных для обеспечения им безопасной респираторной поддержки во время анестезии и в послеоперационном периоде.

Структуры контроля над дыханием

Контроль над дыханием начинает формироваться и развивается на ранних сроках беременности и продолжается в течение недель или месяцев после рождения ребенка [3]. Недоношенные и доношенные дети часто дышат нерегулярно и периодически, что может приводить к опасному для жизни апноэ. Все это является отражением незрелости системы управления за дыханием [4]. На всех уровнях система контроля над дыханием является еще незрелой, включая ствол мозга, который отвечает за дыхательный ритм, а также периферические и центральные хеморецепторы

и другие ее компоненты [3]. Ответ системы регуляции дыхания на гиперкапнию и гипоксию у новорожденных нарушен. В то же время у доношенных новорожденных гиперкапния увеличивает дыхательный объем и частоту дыхания. У недоношенных новорожденных эта реакция значительно ослаблена [5,6]. Однако в условиях гипоксии у них наблюдается двухфазный ответ. После первоначального увеличения (примерно в течение 1 мин.) вентиляция впоследствии уменьшается вплоть до развития апноэ [7].

В условиях гипоксии и/или гиперкапнии, анестетики могут дополнительно ослаблять контроль над дыханием [8].

Другим важным механизмом, способствующим развитию апноэ у новорожденных, является: угнетение дыхания на сильную афферентную стимуляцию гортани [9,10] и чрезмерное перераздувание легкого [11]. Последний также известен как рефлекс Геринга - Брейера, который по сравнению со взрослыми детьми более выражен у недоношенных и доношенных новорожденных [12].

Апноэ характеризуется отсутствием у новорожденного вентиляции более 20 секунд и разделяется на апноэ центрального генеза, когда отсутствует усилие дыхательных мышц и обструктивное апноэ, когда у ребенка имеется усилие дыхания [13]. Клинически чаще встречаются смешанные апноэ [14], при которых наблюдается сочетание плохого паттерна дыхания (центральное апноэ) и неспособность младенца поддерживать проходимость дыхательных путей (обструктивное апноэ). Центральное апноэ является результатом снижения работы дыхательного центра в связи с его незрелостью. Обструктивное апноэ чаще всего происходит во время активного сна, когда в результате снижения мышечного тонуса возникает обструкция дыхательных путей на уровне глотки [4]. Таким образом, при выраженной незрелости системы контроля над дыханием, особенно у недоношенных детей с критической массой тела, может потребоваться введение метилксантинов (теофиллин, кофеин), постоянное положительное давление в дыхательных путях или даже интубация и искусственная вентиляция легких [4].

По сравнению с детьми старшего возраста у новорожденных имеются значительные различия в физиологии системы дыхания и структур верхних и нижних дыхательных путей. Анатомически голова младенцев относительно больших размеров, что увеличивает и анатомическое мертвое пространство [15]. Надгортанник у новорожденных относительно большой и расположен высоко в глотке в непосредственной близости от мягкого неба. Это приводит к более низкому сопротивлению воздушного потока через носовые ходы и объясняет тот факт, почему новорожденные дышат преимущественно через нос [16]. Глотка, гортань, трахея и бронхиальное дерево у них более податливые, по сравнению с более старшими детьми, что может быть причиной динамическо-

го коллапса верхних дыхательных путей во время форсированного вдоха. По сравнению с детьми старшего возраста или взрослыми диаметры воздухоносных путей гораздо меньше, что приводит к более высокому сопротивлению воздушного потока [17], которое в течение первого года жизни постепенно уменьшается [18]. У недоношенных и доношенных детей нарушение проходимости дыхательных путей за счет накопления крови, мокроты, слизи или уменьшения размера эндотрахеальной трубки, имеет гораздо большее влияние на работу дыхания, чему взрослых пациентов. Кроме того у новорожденных такая патология, как ларингомаляция, трахеобронхомаляция, отек и стеноз подвязочного пространства и трахеи, является более распространенной и может существенно увеличить сопротивление воздушного потока и повысить нагрузку на систему дыхания [19]. В условиях трахеобронхомаляции высокая активность экспираторных мышц приводит к повышению внутригрудного давления, которое может дополнительно увеличить сопротивление дыхательных путей и работу дыхания. Поэтому создание положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) является важным терапевтическим методом стабилизации дыхательных путей и их раннего закрытия [20].

Грудная клетка и легкие

У новорожденных, особенно если они родились преждевременно, количество более крупных альвеол значительно меньше по сравнению со старшими детьми и взрослыми [17]. Развитие альвеол и их рост продолжается в детском и подростковом возрасте [21]. На первом году жизни пока нет межальвеолярных пор Кона и бронхоальвеолярных каналов Ламберта [22]. Отсутствие дополнительных межальвеолярных коммуникаций у новорожденных увеличивает риск развития ателектазов в гиповентилируемых зонах легких.

Синтез легочного сурфактанта начинается с 23 до 24 недели гестационного возраста и достигает достаточного уровня примерно на 35 недели беременности [23]. Однако выработка поверхностно-активного вещества может быть задержана при определенных условиях, таких как гестационный диабет у матери или перинатальная асфиксия [24]. Введение матерям кортикостероидов перед преждевременными родами стимулирует созревание легких и эндогенного сурфактанта [25]. При дефиците последнего в легких наблюдается снижение дыхательного объема, появление ателектазов, нарушение вентиляционно-перфузионного соотношения и развитие гипоксии [24].

Введение экзогенного сурфактанта, а также применение спонтанного дыхания с постоянным положительным давлением (СДППД) и положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) значительно улучшает физиологию дыхания, результаты лечения и выживаемость глубоко недоношенных детей с респираторным дис-

тресс-синдромом (РДС) [24,26]. К тому же, как у доношенных и особенно недоношенных детей незрелость антиоксидантных систем увеличивает риск токсичности кислорода [27]. Высокая концентрация кислорода (FiO₂) не только вызывает ретинопатию [28], но и развитие у них бронхолегочной дисплазии (БЛД) [29]. Что касается зрелых легких, то коллапс дыхательных путей предотвращается за счет эластической ткани перегородок, окружающих альвеол. У новорожденных, за счет меньшего количества альвеол, снижена и эластическая отдача, поэтому на выдохе у них наблюдается повышенный риск развития коллапса дыхательных путей [30]. Грудная клетка новорожденных очень податлива и легко деформируется [31]. При дыхательной недостаточности на вдохе можно наблюдать втяжение межреберных промежутков, грудины и надключичных областей, а также парадоксальное движение грудной клетки в виде «качели».

В этих условиях значительная часть энергии, вырабатываемая диафрагмой и межреберными мышцами, тратится на патологически искаженное дыхание. Уже в первые несколько лет жизни ребенка податливость грудной стенке быстро уменьшается [31]. Как у старших детей, так и у взрослых, диафрагма является наиболее важным мышечным массивом во время вдоха. За счет того, что ребра у новорожденных расположены более горизонталь-

но, эффективность межреберных мышц снижена [32]. Кроме того, у недоношенных и доношенных детей диафрагма и межреберные мышцы содержат меньше мышечных волокон 1-го типа, обладающих сниженной выносливостью по сравнению с детьми и взрослыми. Это объясняет тот факт, почему дыхательные мышцы новорожденных более склонны к усталости [33].

Объем легких в покое и функциональная остаточная емкость (ФОЕ) определяется статическим равновесием между внешним и внутренним давлением, а именно стенкой грудной клетки и легкими [30]. Поэтому, вследствие плохих эластических свойств легких младенцев, их объем закрытия больше, чем их ФОЕ, и преждевременное закрытие дыхательных путей происходит даже во время нормальной вентиляции [30]. Для поддержания и увеличения ФОЕ новорожденные используют следующие приемы:

а) постинспираторная активность межреберных мышц и диафрагмы (самостоятельный рекрутмент маневр);

б) высокий темп дыхания с коротким выдохом (ауто-PEEP);

в) смыкание голосовых связок гортани для увеличения сопротивления дыхательных путей на выдохе (функциональная PEEP) [34, 35, 36].

Основные различия между физиологией дыхания у детей и взрослых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Особенности физиологии дыхания у новорожденных:

- анатомические различия дыхательных путей и легких
- большая потребность и расход кислорода
- меньший запас кислорода по отношению к массе тела
- повышенный риск развития апноэ
- незрелость управления дыханием
- высокое сопротивление дыхательных путей
- меньший размер воздухоносных путей
- высокий риск снижения функционального остаточного объема
- снижение эластичности легочной ткани
- давление закрытия на уровне или ниже ФОЕ
- сниженная эффективность дыхательных мышц
- меньшая выносливость мышечных волокон
- высокий комплайнс грудной клетки
- горизонтальное расположение ребер

Вентиляция новорожденных

В последние десятилетия вентиляция новорожденных достигла значительных успехов. Были введены новые стратегии, защищающие легкие и предотвращающие их вентилятор индуцированное повреждение (ВИПД). Последнее является важным фактором риска для развития БЛД [37]. При механической вентиляции повреждение легких происходит в результате следующих причин:

а) при чрезмерно высоком дыхательном объеме (VT) происходит перерастяжение альвеол и повреждение легочной паренхимы (волюмотравма);

б) само высокое давление во время вентиляции

имеет вредное воздействие на легкие (баротравма);

в) недостаточно открытые участки легких могут повреждаться разрывающими силами, возникающими при повторении открытия и закрытия альвеол (ателектотравма);

г) механическая травма легкого (волюмотравма, баротравма и ателектотравма) приводит к высвобождению провоспалительных цитокинов и запуску воспалительного каскада, что способствует ВИПД и развитию БЛД (биотравма);

д) высокие фракции вдыхаемого кислорода приводят к окислительному стрессу и воспалению (токсичность O₂) [38].

Следовательно, стратегии вентиляции, направленные на защиту легочной ткани должны содержать такие требования:

- а) избегать чрезмерно высокий VT (волюмотравму);
- б) не допускать чрезмерно высокое давление в дыхательных путях (баротравму);
- в) при необходимости применять рекрутмент маневр;
- г) предотвращать повторное открытие и закрытие альвеол (ателектотравму), применяя соответствующее PEEP;
- д) избегать высокие фракции O₂ во вдыхаемой смеси (FiO₂) [39,40].

Токсичность кислорода

С целью уменьшения токсичности O₂ следует избегать его высоких концентраций во вдыхаемой смеси. К тому же, большая фракция O₂ может способствовать развитию ателектазов и уменьшению ФОЕ [41], а также формированию БЛД и ретинопатий у недоношенных [42]. FiO₂ следует подавать минимальную для достижения необходимого уровня насыщения гемоглобина кислородом (SaO₂) или парциального его давления в артериальной крови (PaO₂). Результаты последних крупных рандомизированных исследований показывают, что целевой диапазон SaO₂ должен находиться в пределах 90-95% по сравнению с 85-89%. Это повышает выживаемость недоношенных младенцев до 36 недель гестационного возраста и снижает риск развития некротического энтероколита (НЭК), несмотря на повышение частоты у них ретинопатии [43,44]. Тем не менее, негативное влияние на легкие высоких концентраций O₂ можно уменьшить, проводя рекрутмент маневр и/или выбирая достаточный уровень PEEP [45].

Пермиссивная гиперкапния

Ретроспективное наблюдение у недоношенных детей показало, что низкие уровни парциального напряжения углекислого газа (PaCO₂) <30 мм рт.ст. до введения первой дозы сурфактанта связаны с повышенным риском развития БЛД [46]. Эти данные привели к тому, что у недоношенных и доношенных новорожденных при выборе режимов вентиляции допустима небольшая гиперкапния - 45-55 мм рт.ст. (т.н. пермиссивная гиперкапния) [47,48]. Эксперименты на животных [49], а также результаты рандомизированных контролируемых исследований [50] и клинических наблюдений [47] у детей с очень низкой массой тела при рождении показали, что пермиссивная гиперкапния является безопасной и может быть одним из действенных способов снижения повреждений легочной ткани при искусственной вентиляции легких [48]. Тем не менее, нет достаточных данных, показывающих насколько продолжительно и безопасно у младенцев может поддерживаться пермиссивная гиперкапния [51]. Что касается гипокапнии, как следствие гипervентиляции, то у новорожденных ее определенно следует избегать, поскольку это связано с разви-

тием перивентрикулярной лейкомаляции [52]. В одном ретроспективном исследовании было показано, что гипокапния и гиперкапния (<39 и >60 мм рт.ст. соответственно), а также большие колебания PaCO₂ в первые 4 дня жизни были связаны с тяжелыми внутрижелудочковыми кровоизлияниями у недоношенных детей [53].

Режимы вентиляции

Наиболее широко используемый режим механической вентиляции в интенсивной терапии новорожденных – это тайм-циклическая вентиляция с регуляцией по давлению, что собой представляет выбор временного цикла поддержания необходимого давления (TCPL). Она также известна как прерывистая положительная вентиляция с регуляцией давления (IPPV). В этом режиме вдох (Ti) и выдох (Te), а также уровень необходимого давления задается самостоятельно на аппарате при условии постоянного базового потока во время всего дыхательного цикла. Недостатком TCPL является то, что VT может варьироваться от дыхания к дыханию вследствие изменяющихся спонтанных усилий дыхания, утечки эндотрахеальной трубки, скопления мокроты или изменения комплайнса или резистентности легких и дыхательных путей. В зависимости от изменений в легких и постоянной их времени, Ti и Te могут быть установлены не правильно, что не обеспечит оптимальное VT и пиковое давление, а также не позволит равномерно распределиться газу в легких. Метод вентиляции, контролируемый по давлению (PCV), отличается от TCPL тем, что на вдохе поток является переменным и уменьшается, когда достигнуто заданное пиковое давление.

Flow-циклическая вентиляция

Flow-циклическая вентиляция - это режим вентиляции с поддержкой давления (PSV), когда поток, обеспечивая на вдохе установленное давление, облегчает усилия вдоха. При окончании вдоха поток падает ниже того уровня, который обеспечивал установленное пиковое инспираторное давление. Это позволяет пациенту дышать, регулируя инспираторное время. Остается только лишь его синхронизовать с началом вдоха. PSV вентиляция может улучшить синхронность пациента с респиратором, уменьшить повреждение легочной ткани, а также содействовать достижению необходимого дыхательного объема [54]. Тем не менее, данные, свидетельствующие о клинически значимом преимуществе PSV над TCPL вентиляцией при длительной ИВЛ, отсутствуют [55].

Синхронная вентиляция

Синхронные режимы вентиляции, также известные как пациент-триггерные режимы возможны только при наличии респираторов 3-4 класса. При синхронной вентиляции аппарат обеспечивает вдувание газа в легкие под положительным давлением после того, как

срабатывает триггер на спонтанные усилия вдоха пациента. Асинхронность между пациентом и респиратором вызывает и большие изменения в VT. Кроме того, это может привести к воздушным ловушкам, колебаниям артериального давления и плохой оксигенации [56,57]. В недавно опубликованном мета-анализе показано, что у новорожденных синхронизированная вентиляция уменьшает риск развития пневмоторакса и снижает продолжительность ИВЛ [58]. У младенцев наиболее часто используемые режимы синхронизированной вентиляции – это синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция (SIMV) и вспомогательно – контролируемая управляемая вентиляция (ACV), которая эквивалентна синхронизированной перемежающейся вентиляции с положительным давлением (SIPPV). При SIMV частота дыхания, которая синхронизируется и поддерживается респиратором, определяется заранее. При этом часть дополнительных спонтанных вдохов не поддерживается. При ACV аппаратом ИВЛ поддерживается каждое спонтанное усилие ребенка [59]. Greenough A. et al., сравнивая ACV с SIMV показали тенденцию к сокращению продолжительности вентиляции [58].

Вентиляция с целевым объемом

Учитывая то, что волюмотравма, а не баротравма больше способствует вентилятор индуцированному повреждению легких у новорожденных, в последнее время наблюдается обострение интереса за контролем дыхательного объема, с целью предупреждения перерастяжений альвеол [60]. Из-за ряда технических трудностей у них не использовалась традиционная вентиляция с управлением по объему в связи с невозможностью надежного контроля за малым VT, наличием утечки газа вокруг эндотрахеальной трубки, высоким сопротивлением дыхательных путей, низким комплайансом легких и др. Технический прогресс привел к развитию вентиляции с целевым объемом (ВЦО - VTV). Многие современные респираторы имеют датчик потока, установленный на коннекторе эндотрахеальной трубки, т.е. в цепи самой вентиляции, в то время как в более старых конструкциях датчик потока встроен в сам вентилятор. При VTV пиковое давление на вдохе выбирается респиратором с учетом последних нескольких вдохов и устанавливается на определенном уровне, чтобы приблизиться к установленному целевому VT. При наличии небольшой утечки газа мимо эндотрахеальной трубки или скопления слизи и мокроты в трахеи происходит изменение VT в сравнении с его заданным целевым значением, что меняет механику дыхания, и это автоматически корректируется респиратором. Для достижения целевой VT на некоторых аппаратах ИВЛ дополнительно можно установить поток вдоха или Ti. Использование VTV позволяет уменьшить колебания VT по сравнению с обычным TCPL режимом [61]. Однако VTV и TCPL режимы могут пе-

риодически сочетаться. В недавнем мета-анализе было показано, что использование ИВЛ с целевым объемом, по сравнению с режимами вентиляции с ограничением по давлению, привело к сокращению показателя смерти от комбинированной патологии: БЛД, пневмоторакса, тяжелых черепно-мозговых нарушений [60]. В настоящее время у новорожденных VTV является единственным современным режимом респираторной поддержки, по сравнению с другими режимами вентиляции, который в конечном итоге снижает смерть или развитие БЛД. Первоначальная настройка VT при VTV во многом зависит от типа аппарата, а также индивидуальных особенностей пациента (к примеру: целевой VT у недоношенных новорожденных с респираторным дистресс-синдромом равен 4,0 - 5,0 мл/кг). В дальнейшем VT должен быть скорректирован для поддержания нормокапнии или небольшой гиперкапнии [48,62].

Высокочастотная вентиляция

При высокочастотной вентиляции используется низкий VT (меньше или близкий к мертвому пространству) и частота дыхания больше, чем обычно задается дыхательным центром ребенка [63]. Режимы высокочастотной вентиляции делятся на: высокочастотную осцилляционную вентиляцию (HFOV); высокочастотную струйную вентиляцию (HFJV) и высокочастотную вентиляцию с прерывистым потоком (HFFI). В отделениях интенсивной терапии новорожденных наиболее часто используется высокочастотная осцилляционная вентиляция, которая позволяет создавать более высокое среднее давление в дыхательных путях (MAP) по сравнению с обычной механической вентиляцией. Это предотвращает развитие ателектазов и оптимизирует объем легких. Кроме того, риск волюмотравмы уменьшается за счет применения очень небольшого VT, что теоретически является защитным режимом вентиляции для легких. К тому же, в отличие от традиционной вентиляции, при HFOV, HFJV и HFFI активен не только вдох, но и фаза выдоха.

При тяжелой дыхательной недостаточности HFOV часто используется в качестве терапии спасения, хотя есть данные о преимуществах подобного режима вентиляции уже на начальных этапах респираторной поддержки [64]. Однако, Cools F. Et al. В своем мета-анализе показали, что у недоношенных детей HFOV, в сравнении с обычной вентиляцией, не имеет преимуществ в снижении развития БЛД, летальных исходах, а также в развитии у них тяжелых неврологических осложнений [65]. При этом, у доношенных новорожденных своевременное начало HFOV может быть более эффективным, чем обычная механическая вентиляция [66,67]. Тем не менее, нет никаких рандомизированных контролируемых исследований, свидетельствующих об использовании HFOV у доношенных новорожденных с тяжелой дыхательной недостаточностью [68].

Нейроимпульсный регулируемый режим вентиляции (NAVA) создан на основе режима «Pressure support ventilation» «PSV» для оказания быстрой респираторной поддержки «вдогонку» уже начавшемуся вдоху. Для этого устанавливают специальный желудочный зонд, оснащенный датчиком-электродом, и выполняют калибровку сигнала на вдох, получаемого с диафрагмального нерва, используя монитор аппарата ИВЛ [69]. Режим NAVA обеспечивает быструю синхронизацию пациент-вентилятор при более низких давлениях в дыхательных путях, особенно у недоношенных детей [70]. Однако в литературе имеется недостаточно данных, которые бы рекомендовали широкое использование NAVA в отделениях интенсивной терапии новорожденных, особенно у детей с нестабильным дыхательным контролем [70].

Использование эндотрахеальной трубки с манжеткой или без

До настоящего времени еще продолжают споры о преимуществе использования эндотрахеальных трубок с манжетками у доношенных и недоношенных младенцев. Во всех учебниках написано, что у детей до 8 лет эндотрахеальные трубки используются только без манжеток, чтобы не вызывать травму подвязочного пространства. Однако, с усовершенствованием современных трубок с манжетками, эта проблема перестала существовать. Недостатком эндотрахеальных трубок без манжеток является то, что во время проведения ИВЛ вокруг нее наблюдается постоянная утечка воздуха, что приводит к неточному мониторингу за VT и измерению капнографии [71,72]. Считалось, что в условиях анестезии использование эндотрахеальных трубок с манжетками, даже с поправкой на возраст, приводит к значительному увеличению риска послеоперационных респираторных осложнений за счет развития стридора [73,74]. В последнее время разработаны трубки с манжетками низкого давления, что безопасно даже для детей ≥ 3 кг массы тела. А все осложнения у ребенка в большей степени зависят от травм во время интубации дыхательных путей, а также от длительного стояния эндотрахеальной трубки [72, 75]. Тем не менее, очень важно внимательно следить за давлением в манжетке (< 20 смН₂O), чтобы предотвратить потенциальную опасность повреждения слизистой оболочки вследствие нарушения в ней кровообращения [74,76].

Оксида азота

В настоящее время у доношенных и недоношенных новорожденных ингаляция оксида азота (iNO) является одним из методов лечения гипоксической дыхательной недостаточности. При персистирующей легочной гипертензии (ПЛГН) назначение iNO снижает сроки гипоксемии, сокращает длительность проведения оксигенотерапии и экстракорпоральной мембранной оксигенации, а также уменьшает смертность

новорожденных в результате развившейся тяжелой гипоксемии [77]. Однако Barrington K.J., и Finer N. в проведенном мета-анализе не выявили каких-либо значимых результатов при ингаляции оксида азота на гипоксемии у недоношенных детей [78]. К тому же, iNO не улучшал исходы и у детей с дыхательной недостаточностью вследствие врожденной диафрагмальной грыжи, хотя при этой патологии многими авторами рекомендуется его использовать для лечения ПЛГН [77,79].

Проблемы с дыханием во время анестезии и операции

Младенцы, которые находятся на ИВЛ и в последующем транспортируются из неонатального отделения интенсивной терапии в операционную, относятся к категории повышенного риска развития респираторных осложнений [80]. Во время транспортировки новорожденных у них могут возникнуть ряд проблем с дыханием при экстубации трахеи, разрыва контура вентиляции или отказа оборудования, что приведет к прекращению ИВЛ, гипоксемии и остановке сердца. Для снижения осложнений транспортировки в отдельных случаях предпочтительным вариантом могут быть оперативные вмешательства у тяжелобольных новорожденных непосредственно в неонатальном отделении интенсивной терапии [81,82]. При этом относительный хирургический риск будет сбалансирован с риском транспортировки больного новорожденного в операционную из отделения интенсивной терапии [83]. Особенно это необходимо делать при проведении лапаротомии у недоношенных детей с массой тела < 1500 г, которые во время транспортировки будут подвергаться повышенному риску ухудшения своих физиологических параметров [84].

Положительные стороны оперативного вмешательства в отделении неонатальной интенсивной терапии, по сравнению с операционной, являются следующими: лучшее регулирование температурного режима, непрерывное поддержание инфузионной и инотропной терапии, оптимизация ИВЛ. Режимы респираторной терапии, установленные в отделении интенсивной терапии, особенно у недоношенных детей, гораздо лучше будут обеспечивать минутную вентиляцию и снижать риск повреждения легких за счет высокого VT [85]. Кроме того, отключение ребенка от ИВЛ и проведение ручной вентиляции в момент его передачи, а также повторное его подключение к аппарату во время анестезии может привести к эпизодам нарушения установленных режимов респиратора, что, возможно, приведет к таким осложнениям, как повышение FiO₂ и ухудшению респираторной поддержки. Проведение новорожденным, находящимся в критическом состоянии, HFOV, экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) или ингаляции NO будут также усложнять их транспортировку в операционную [83]. Однако, есть и недостатки проведения операций

в отделениях интенсивной терапии. Во-первых, недостаточно площадей, которые соответствуют нормативам для размещения хирургической и анестезиологической бригад, включая всё необходимое оборудование для проведения анестезии, продолжения интенсивного наблюдения и терапии новорожденному ребенку. Это является серьезной проблемой во многих больницах. Кроме того, хирурги и анестезиологи должны работать в непривычных для себя условиях и в другой, менее комфортной среде, которая не является их обычным местом работы. Операционная неонатального отделения интенсивной терапии может быть не полностью оборудована для решения всех хирургических потребностей, которые могут возникнуть во время операции и анестезии. Поэтому в операционную команду необходимо включать и врачей НОРИТ для помощи в работе с оборудованием, с которым врачи анестезиологи плохо знакомы (например, NFOV или неонатальные вентиляторы).

Влияние анестетиков на легкие у новорожденных

С учетом возрастных особенностей физиологии респираторной системы новорожденных и детей старшего возраста анестетики оказывают различное влияние на их легкие. По-разному показано их действие на функциональную остаточную емкость легких, а также равномерность вентиляции у новорожденных. К тому же, применение миорелаксантов, как у младенцев, так и у детей дошкольного возраста, также уменьшает ФОЭ и равномерность распределения газа в легких [86]. Этот эффект более выражен

у новорожденных и может быть скорректирован путем применения ПДКВ [87]. Von Ungern-Sternberg B.S., Frei.F.J., Hammer J. et al. выявили также дозозависимое снижение ФОЭ у детей дошкольного возраста при применении пропофола [88]. Даже при назначении в премедикацию мидазолама наблюдалось небольшое уменьшение функционального и дыхательного объема легких [89]. Все эти изменения можно отнести за счет расслабляющего действия пропофола имидазолама на мышечную систему младенца [90,91]. Что касается ингаляционных анестетиков, то при спонтанном дыхании новорожденных и детей раннего возраста галотан, изофлуран, севофлюран приводят к изменениям VT, минутной вентиляции легких и частоты их дыхания [92,93]. Выраженность снижения этих респираторных показателей зависит от дозы анестетика, что связано с их угнетением ответа дыхательного центра на CO₂ [93]. К тому же, ингаляционные анестетики влияют и на нервно-мышечную передачу и активность дыхательной мускулатуры [94]. Галотан преимущественно влияет на межреберные мышцы и в меньшей степени на диафрагму, что приводит к парадоксальным дыхательным движениям груди и живота во время индукции в анестезию [94,95]. Десфлюран может увеличить сопротивление дыхательных путей, что вызовет повышенный риск развития респираторных осложнений (например, ларингоспазм, бронхоспазм) у детей [96]. Опиаты (морфин и фентанил) у новорожденных угнетают дыхание, что приводит к снижению VT и частоты дыхания [97,98], а также повышают ригидность грудной клетки, что может потребовать введение нервно-мышечных релаксантов [99].

Литература

1. Tay CL. Critical incidents in paediatric anaesthesia: an audit of 10000 anaesthetics in Singapore / CL. Tay, GM. Tan, SB. Ng // *Paediatr. Anaesth.* – 2001. – №11. – P.711 – 718.
2. Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the pediatric perioperative cardiac arrest registry / SM. Bhananker, C. Ramamoorthy, JM. Geiduschek [et al.] // *Anesth. Analg.* – 2007. – Vol. 105. – P.344 – 350.
3. Carroll JL. Development of ventilatory control in infants / JL. Carroll, A. Agarwal // *Paediatr. Respir. Rev.* – 2010. – №11. – P.199–207.
4. Mathew OP. Apnea of prematurity: pathogenesis and management strategies / OP. Mathew // *J. Perinatol.* – 2011. – Vol. 31. – P.302 – 310.
5. Gerhardt T. Apnea of prematurity: I. Lung function and regulation of breathing / T. Gerhardt, E. Bancalari // *Pediatrics.* – 1984. – Vol. 74. – P.58–62.
6. Vulnerability of respiratory control in healthy preterm infants placed supine / RJ. Martin, JM. DiFiore, CB. Korenke [et al.] // *J. Pediatr.* – 1995. – Vol. 127. – P. 609–614.
7. Ventilatory response to 100% and 15% O₂ during wakefulness and sleep in preterm infants / H. Rigatto, Z. Kalapesi, FN. Leahy [et al.] // *Early Hum. Dev.* – 1982. – Vol. 7. – P.1–10.
8. Postoperative apnea in preterm infants / CD. Kurth, AR. Spitzer, AM. Broennle [et al.] // *Anesthesiology.* – 1987. – Vol. 66. – P.483–488.
9. Reflex effects and receptor responses to upper airway pressure and flow stimuli in developing puppies / JT. Fisher, OP. Mathew, FB. Sant'Ambrogio [et al.] // *J. Appl. Physiol.* – 1985. – Vol. 58. – P.258–264.
10. Boggs DF. Chemical specificity of a laryngeal apneic reflex in puppies / DF. Boggs, D. Bartlett Jr. // *J. Appl. Physiol.* – 1982. – Vol. 53. – P.455–462.
11. The response of the new-born baby to inflation of the lungs / KW. Cross, M. Klaus, WH. Tooley [et al.] // *J. Physiol.* – 1960. – Vol. 151. – P. 551–565.
12. Delayed maturation of Hering-Breuer inflation reflex activity in preterm infants / J. Stocks, C. Dezateux, AF. Hoo [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 1996. – Vol. 154. – P.1411–1417.
13. Mathew OP. Pharyngeal airway obstruction in preterm infants during mixed and obstructive apnea / OP. Mathew, JL. Roberts, BT. Thach // *J. Pediatr.* – 1982. – Vol. 100. – P.964–968.
14. Dransfield DA. Episodic airway obstruction in premature infants / DA. Dransfield, AR. Spitzer, WW. Fox // *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* – 1983. – Vol. 137. – P.441–443.
15. Numa AH. Anatomic deadspace in infants and children / AH. Numa, CJ. Newth // *J. Appl. Physiol.* – 1996. – Vol. 80. – P.1485–1489.
16. Moss ML. The velopharyngeal sphincter and obligate nose breathing in the neonate / ML. Moss // *J. Pediatr.* – 1965. – Vol. 67. – P. 330–331.
17. Human lung growth in late gestation and in the neonate / C. Langston, K. Kida, M. Reed [et al.] // *Am. Rev. Respir. Dis.* – 1984. – Vol. 129. – P.607–613.
18. Stocks J. Specific airway conductance in relation to postconceptional ageduring infancy / J. Stocks, S. Godfrey // *J. Appl. Physiol.* – 1977. – Vol. 43. – P.144–154.

19. Chronic stridor caused by laryngomalacia in children: work of breathing and effects of noninvasive ventilatory assistance / B. Fauroux, J. Pigeot, M. Polkey [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*—2001.— Vol. 164.—P.1874–1878.
20. Computed tomography versus bronchography in the diagnosis and management of tracheobronchomalacia in ventilator dependent infants / Q. Mok, S. Negus, CA. McLaren [et al.] // *Arch. Dis. Child Fetal Neonatal Ed.*—2005.— Vol. 90.—P.290–293.
21. Alveolarization continues during childhood and adolescence / M. Narayanan, J. Owers-Bradley, CS. Beardsmore [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*—2012.— Vol. 185.—P.186–191.
22. Hislop A. Development of the acinus in the human lung / A. Hislop, L. Reid // *Thorax.*—1974.— Vol. 29.—P.90–94.
23. Ontogeny of surfactant proteins A and B in human amniotic fluid as indices of fetal lung maturity / GS. Pryhuber, WM. Hull, I. Fink [et al.] // *Pediatr. Res.*—1991.— Vol. 30.—P.597–605.
24. Warren JB. Core concepts: respiratory distress syndrome / JB. Warren, JM. Anderson // *NeoReviews.*—2009.— Vol. 10.—P.351–361.
25. Roberts D. Antenatal corticosteroids for accelerating fetal lung maturation for women at risk of preterm birth / D. Roberts, S. Dalziel // *Cochrane Database Syst. Rev.*—2003.— №3.— CD004454.
26. Seger N. Animal derived surfactant extract for treatment of respiratory distress syndrome / N. Seger, R. Soll // *Cochrane Database Syst. Rev.*— 2009.— №2.—CD007836.
27. Oxygenation of the newborn: molecular approach / OD. Saugstad, Y. Sejersted, R. Solberg [et al.] // *Neonatology.*—2012.— Vol. 101.—P.315–325.
28. A cohort study of transcutaneous oxygen tension and the incidence and severity of retinopathy of prematurity / JT. Flynn, E. Bancalari, E. Snyder [et al.] // *N. Engl. J. Med.*—1992.— Vol. 326.—P.1050–1054.
29. Baraldi E. Chronic lung disease after premature birth / E. Baraldi, M. Filippone // *N. Engl. J. Med.*—2007.— Vol. 357.—P.1946–1955.
30. Mansell A. Airway closure in children / A. Mansell, C. Bryan, H. Levison // *J. Appl. Physiol.*—1972.— Vol. 33.—P.711–714.
31. Developmental changes in chest wall compliance in infancy and early childhood / C. Papastamelos, HB. Panitch, SE. England [et al.] // *J. Appl. Physiol.*—1995.— Vol. 78.—P.179–184.
32. Tucker Blackburn S. *Maternal, Fetal and Neonatal Physiology: a Clinical Perspective* / Tucker Blackburn S. — [4-th ed.]— Maryland Heights, MO: Elsevier, 2013.—328p.
33. Developmental pattern of muscle fiber types in human ventilatory muscles / TG. Keens, AC. Bryan, H. Levison [et al.] // *J. Appl. Physiol.*—1978.— Vol. 44.—P.909–913.
34. Respiratory muscle activity related to flow and lung volume in preterm infants compared with term infants / GJ. Hutten, LA. Van Eykern, P. Latzin [et al.] // *Pediatr. Res.*—2010.— Vol. 68.—P.339–343.
35. Harding R. Function of the larynx in the fetus and newborn / R. Harding // *Ann. Rev. Physiol.*—1984.— Vol. 46.—P.645–659.
36. Kosch PC. Dynamic maintenance of end-expiratory lung volume in full term infants / PC. Kosch, AR. Stark // *J. Appl. Physiol.*—1984.— Vol. 57.—P.1126–1133.
37. Jobe AH. The new bronchopulmonary dysplasia / AH. Jobe // *Curr. Opin. Pediatr.*—2011.— Vol. 23.—P.167–172.
38. Attar MA. Mechanisms of ventilator-induced lung injury in premature infants / MA. Attar, SM. Donn // *Sem. Neonatol.*—2002.— Vol. 7.—P.353–360.
39. van Kaam A. Lung-protective ventilation in neonatology / A. van Kaam // *Neonatology.*—2011.— Vol. 99.—P.338–341.
40. Papadakos PJ. The open lung concept of alveolar recruitment can improve outcome in respiratory failure and ARDS / PJ. Papadakos, B. Lachmann // *B. Mt Sinai J. Med.*—2002.— Vol. 69.—P.73–77.
41. Optimal oxygen concentration during induction of general anesthesia / L. Edmark, K. Kostova-Aherdan, M. Enlund [et al.] // *Anesthesiology.*—2003.— Vol. 98.—P.28–33.
42. Infection, oxygen, and immaturity: interacting risk factors for retinopathy of prematurity / M. Chen, A. Cital, F. McCabe [et al.] // *Neonatology.*—2011.— Vol. 99.—P.125–132.
43. SUPPORT Study Group of the Eunice Kennedy Shriver NICHD Neonatal Research Network / WA. Carlo, NN. Finer [et al.] // *N. Engl. J. Med.*—2010.— Vol. 362.—P.1959–1969.
44. The BOOST II United Kingdom, Australia and New Zealand collaborative groups. Oxygen saturation and outcomes in preterm infants // *N. Engl. J. Med.*—2013.— Vol. 368.—P. 2094–2104.
45. The impact of positive end-expiratory pressure on functional residual capacity and ventilation homogeneity impairment in anesthetized children exposed to high levels of inspired oxygen / BS. von Ungern-Sternberg, A. Regli, A. Schibler [et al.] // *Anesth. Analg.*—2007.— Vol. 104.—P.1364–1368.
46. Hypocarbica before surfactant therapy appears to increase bronchopulmonary dysplasia risk in infants with respiratory distress syndrome / JS. Garland, RK. Buck, EN. Allred [et al.] // *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.*—1995.— Vol. 149.—P.617–622.
47. Permissive hypercapnia and risk for brain injury and developmental impairment // EW. Hagen, M. Sadek-Badawi, D. Carlton [et al.] // *Pediatrics.*—2008.— Vol. 122.—P.583–589.
48. Ryu J. Clinical effectiveness and safety of permissive hypercapnia / J. Ryu, G. Haddad, WA. Carlo // *Clin. Perinatol.*—2012.— Vol. 39.—P.603–612.
49. Therapeutic effects of hypercapnia on chronic lung injury and vascular remodeling in neonatal rats / A. Masood, M. Yi, M. Lau [et al.] // *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.*—2009.— Vol. 297.—P.920–930.
50. Mariani G. Randomized trial of permissive hypercapnia in preterm infants / G. Mariani, J. Cifuentes, WA. Carlo // *Pediatrics.*—1999.— Vol. 104.—P.1082–1088.
51. Thome UH. Permissive hypercapnia to decrease lung injury in ventilated preterm neonates / UH. Thome, N. Ambalavanan // *Semin. Fetal Neonatal Med.*—2009.— Vol. 14.—P.21–27.
52. Effects of hypocarbica on the development of cystic periventricular leukomalacia in premature infants treated with high-frequency jet ventilation / TE. Wiswell, LJ. Graziani, MS. Kornhauser [et al.] // *Pediatrics.*—1996.— Vol. 98.—P.918–924.
53. Both extremes of arterial carbon dioxide pressure and the magnitude of fluctuations in arterial carbon dioxide pressure are associated with severe intraventricular hemorrhage in preterm infants / J. Fabres, WA. Carlo, V. Phillips [et al.] // *Pediatrics.*—2007.— Vol. 119.—P.299–305.
54. Pressure support ventilation combined with volume guarantee versus synchronized intermittent mandatory ventilation: a pilot crossover trial in premature infants in their weaning phase / E. Abd E-M, HO. Fuerste, M. Krueger [et al.] // *Pediatr. Crit. Care Med.*—2005.— Vol. 6.—P.286–292.
55. Flow-cycled versus time-cycled synchronized ventilation for neonates / SM. Schulzke, J. Pillow, B. Ewald [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.*—2010.— Vol. 7.—CD008246.
56. Influence of different methods of synchronized mechanical ventilation on ventilation, gas exchange, patient effort, and blood pressure fluctuations in premature neonates / H. Hummler, T. Gerhardt, A. Gonzalez [et al.] // *Pediatr. Pulmonol.*—1996.— Vol. 22.—P.305–313.
57. Randomized multicenter trial comparing synchronized and conventional intermittent mandatory ventilation in neonates / G. Bernstein, FL. Mannino, GP. Heldt [et al.] // *J. Pediatr.*—1996.— Vol. 128.—P.453–463.
58. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants / A. Greenough, G. Dimitriou, M. Prendergast [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.*—2008.— Vol. 1.—CD000456.
59. Greenough A. Ventilatory strategies for the extremely premature infant / A. Greenough, M. Premkumar, D. Patel // *Pediatr. Anesth.*—2008.— Vol. 18.—P.371–377.

60. Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in the neonate / K. Wheeler, C. Klingenberg, N. McCallion [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.*—2010.— Vol.11.— CD003666.
61. Abubakar KM. Patient-ventilator interactions in new modes of patient-triggered ventilation / KM Abubakar, M. Keszler // *Pediatr. Pulmonol.*—2001.— Vol.32.—P.71–75.
62. A practical guide to neonatal volume guarantee ventilation / C. Klingenberg, KI. Wheeler, PG. Davis [et al.] // *J. Perinatol.*—2011.— Vol.31.—P.575–585.
63. Pillow JJ. High-frequency oscillatory ventilation: mechanisms of gas exchange and lung mechanics / JJ. Pillow // *Crit. Care Med.*—2005.— Vol.33.—P.135–141.
64. First intention high-frequency oscillation with early lung volume optimization improves pulmonary outcome in very low birth weight infants with respiratory distress syndrome / PC. Rimensberger, M. Beghetti, S. Hanquinet [et al.] // *Pediatrics.*—2000.— Vol.105.—P.1202–1208.
65. Elective high-frequency oscillatory versus conventional ventilation in preterm infants: a systematic review and meta-analysis of individual patients' data / F. Cools, LM. Askie, M. Offringa [et al.] // *Lancet.*—2010.— Vol.375.—P.2082–2091.
66. High-frequency oscillatory ventilation and extracorporeal membrane oxygenation for the treatment of acute neonatal respiratory failure / JM. Carter, DR. Gerstmann, RH. Clark [et al.] // *Pediatrics.*—1990.— Vol.85.—P.159–164.
67. High-frequency oscillatory ventilation in term and near-term infants with acute respiratory failure: early rescue use / NB. Jaballah, K. Mnif, A. Khaldi [et al.] // *Am. J. Perinatol.*—2006.— Vol.23.—P.403–411.
68. High frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for infants with severe pulmonary dysfunction born at or near term / PA. De, RH. Clark, T. Bhuta [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.*—2009.— Vol.3.—CD002974.
69. Stein H. Synchronized mechanical ventilation using electrical activity of the diaphragm in neonates / H. Stein, K. Firestone, PC. Rimensberger // *Clin. Perinatol.*—2012.— Vol.39.—P.525–542.
70. A prospective crossover comparison of neurally adjusted ventilatory assist and pressure-support ventilation in a pediatric and neonatal intensive care unit population / C. Breatnach, NP. Conlon, M. Stack [et al.] // *Pediatr. Crit. Care Med.*—2010.— Vol.11.—P.7–11.
71. Tracheal tube air leak in clinical practice and impact on tidal volume measurement in ventilated neonates / RA. Mahmoud, H. Proquitt, N. Fawzy [et al.] // *Pediatr. Crit. Care Med.*—2011.— Vol.12.—P.197–202.
72. The European paediatric endotracheal intubation study group. Prospective randomized controlled multi-centre trial of cuffed or uncuffed endotracheal tubes in small children / M. Weiss, A. Dullenkopf, JE. Fischer [et al.] // *Br. J. Anaesth.*—2009.— Vol.103.—P.867–873.
73. Risk assessment for respiratory complications in paediatric anaesthesia: a prospective cohort study / BS. von Ungern-Sternberg, K. Boda, NA. Chambers [et al.] // *Lancet.*—2010.— Vol.376.—P. 773–783.
74. Predictors of postoperative sore throat in intubated children / A. Calder, M. Hegarty, TO. Erb [et al.] // *Pediatr. Anesth.*—2012.— Vol.22.—P.239–243.
75. Newth CJL. The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care / CJL. Newth, B. Rachman, N. Patel [et al.] // *J. Pediatr.*—2004.— Vol.144.—P.333–337.
76. Laryngeal mask airway and tracheal tube cuff pressures in children: are clinical endpoints valuable for guiding inflation? / M. Ong, NA. Chambers, B. Hullet [et al.] // *Anaesthesia.*—2008.— Vol.63.—P. 738–744.
77. Finer NN. Nitric oxide for respiratory failure in infants born at or near term / NN. Finer, KJ. Barrington // *Cochrane Database Syst. Rev.*—2006.— Vol.4.—CD000399.
78. Barrington KJ, Finer N. Inhaled nitric oxide for respiratory failure in preterm infants / KJ. Barrington, N. Finer // *Cochrane Database Syst. Rev.*—2010.— Vol.12.— CD000509.
79. Standardized postnatal management of infants with congenital diaphragmatic hernia in Europe: the CDH EURO consortium consensus / I. Reiss, T. Schaible, L. van den Hout [et al.] // *Neonatology.*—2010.— Vol.98.—P.354–364.
80. Intrahospital transport of critically ill pediatric patients / E. Wallen, E. Grosso, MJRM. Kiene [et al.] // *Crit. Care. Med.*—1995.— Vol.25.—P.1588–1595.
81. Neonatal surgery: intensive care unit versus operating room / NN. Finer, BC. Woo, A. Hayashi [et al.] // *J. Pediatr. Surg.*—1993.— Vol.28.—P.645–649.
82. Use of neonatal intensive care unit as a safe place for neonatal surgery / AW. Gavilanes, E. Heineman, MJ. Herpers [et al.] // *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.*—1997.— Vol.76.—P.51–53.
83. McKee M. Operating on critically ill neonates: the OR or the NICU / M. McKee // *Semin. Perinatol.*—2004.— Vol.28.—P.234–239.
84. Frawley G. Laparotomy for necrotizing enterocolitis: intensive care nursery compared with operating theatre / G. Frawley, G. Bayley, P. Chondros // *J. Paediatr. Child Health.*—1999.— Vol.35.—P.291–295.
85. Wolf AR. Ductal ligation in the very low-birth weight infant: simple anesthesia or extreme art? / AR. Wolf // *Pediatr. Anesth.*—2012.— Vol.22.—P.558–563.
86. Decrease in functional residual capacity and ventilation homogeneity after neuromuscular blockade in anesthetized preschool children in the lateral position / BS. von Ungern-Sternberg, A. Regli, FJ. Frei [et al.] // *Pediatr. Anesth.*—2007.— Vol.17.—P.841–845.
87. Decrease of functional residual capacity and ventilation homogeneity after neuromuscular blockade in anesthetized young infants and preschool children / BS. von Ungern-Sternberg, J. Hammer, A. Schibler [et al.] // *Anesthesiology.*—2006.— Vol.105.—P.670–675.
88. Impact of depth of propofol anaesthesia on functional residual capacity and ventilation distribution in healthy preschool children / BS. von Ungern-Sternberg, FJ. Frei, J. Hammer [et al.] // *Br. J. Anaesth.*—2007.— Vol.98.—P.503–508.
89. The impact of oral premedication with midazolam on respiratory function in children / BS. von Ungern-Sternberg, TO. Erb, W. Habre [et al.] // *Anesth. Analg.*—2009.— Vol.108.—P.1771–1776.
90. Prato FS. Diazepam sedation reduces functional residual capacity and alters the distribution of ventilation in man / FS. Prato, RL. Knill // *Can. Anaesth. Soc.*—1983.— Vol.30.—P.493–500.
91. Dretchen K. The interaction of diazepam with myoneural blocking agents / K. Dretchen, MM. Ghoneim, JP. Long // *Anesthesiology.*—1971.— Vol.34.—P.463–468.
92. A comparison of the respiratory effects of sevoflurane and halothane in infants and young children / K. Brown, C. Aun, J. Stocks [et al.] // *Anesthesiology.*—1998.— Vol.89.—P.86–92.
93. The respiratory effects of isoflurane, enflurane and halothane in spontaneously breathing children / I. Murat, M. Chaussain, J. Hamza [et al.] // *Anaesthesia.*—1987.— Vol.42.—P.711–718.
94. Ventilation and thoracoabdominal asynchrony during halothane anesthesia in infants / M. Benamer, MD. Goldman, C. Ecoffey [et al.] // *J. Appl. Physiol.*—1993.— Vol.74.—P.1591–1596.
95. Tusiewicz K. Contributions of changing rib cage-diaphragm interactions to the ventilatory depression of halothane anesthesia / K. Tusiewicz, AC. Bryan, AB. Froese // *Anesthesiology.*—1977.— Vol.47.—P.327–337.
96. Desflurane but not sevoflurane impairs airway and respiratory tissue mechanics in children with susceptible airways / BS. von Ungern-Sternberg, S. Saudan, F. Petak [et al.] // *Anesthesiology.*—2008.— Vol.108.—P.216–224.
97. Respiratory effects of intravenous morphine infusions in neonates, infants, and children after cardiac surgery / AM. Lynn, MK. Nespeca, KE. Ophelm [et al.] // *Anesth. Analg.*—1993.— Vol.77.—P.695–701.
98. Fentanyl-induced ventilator depression: effects of age / RE. Hertzka, IS. Gauntlett, DM. Fisher [et al.] // *Anesthesiology.*—1989.— Vol.70.—P.213–218.
99. Dewhurst E. Chest wall rigidity in two infants after low-dose fentanyl administration / E. Dewhurst, A. Naguib, JD. Tobias // *Pediatr. Emerg. Care.*—2012.— Vol.28.—P.465–468.

ФІЗІОЛОГІЯ ДИХАННЯ І РЕСПІРАТОРНА ПІДТРИМКА У НОВОНАРОДЖЕНИХ*В.І. Снісарь, Д.М. Сурков, А.А. Оболонський*ДУ «Дніпропетровська медична академія
МОЗ України»Обласна дитяча клінічна лікарня
м.Дніпропетровськ
(м.Дніпропетровськ, Україна)

Резюме. Стаття присвячена фізіології дихання у новонароджених, проведення штучної вентиляції легенів і змінам з боку дихальної системи, викликаним анестезією і операцією. Розглядаються оптимальні методи респіраторної підтримки у недоношених і доношених новонароджених. Відзначається, що новонароджені мають високий ризик дихальних ускладнень під час анестезії, які можна пояснити особливістю їх фізіології дихання. Під час анестезії та хірургічного втручання може легко порушитися баланс між обсягом закриття та функціональною залишковою ємністю легенів, що відразу ж призведе до дихальних розладів. Тому стратегія вентиляційної терапії повинна включати методику «відкриття легенів», а також уникати високого дихального обсягу VT і зайвої концентрації кисню. При важкій дихальній недостатності часто використовується високочастотна осциляційна вентиляція (HFOV), хоча у недоношених дітей у порівнянні зі звичайною вентиляцією вона не має переваг у зниженні розвитку БЛД, летальних випадках, а також у частоті важких неврологічних ускладнень. Що стосується доношених новонароджених, то своєчасний початок HFOV може бути більш ефективним, ніж звичайна механічна вентиляція. Даний огляд стосується також таких питань, як застосування інгаляції оксиду азоту, використання ендотрахеальних трубок з манжетками або без, впливу анестетиків на легені у новонароджених, а також тих проблем з диханням, які можуть виникнути під час анестезії та операції.

Ключові слова: дихальна система, новонароджені, вентиляція.

NEONATAL LUNG PHYSIOLOGY AND RESPIRATORY SUPPORT OF NEWBORNS*V.I. Snisar, D.N. Surkov, A.A. Obolonskij*SI «Dnepropetrovsk Medical Academy
MH of Ukraine»Regional Children's Hospital
(Dnepropetrovsk, Ukraine)

Summary. The article elucidates the neonatal lung physiology in newborns, methods of respiratory support, particularly positive pressure ventilation, and pulmonary changes caused by anesthesia and surgery. Optimal methods of respiratory support in preterm and full-term newborns are considered. It was noted that newborn infants have a high risk of respiratory complications during anesthesia which can be attributed to their respiratory physiology. The balance between volume of closing and functional residual capacity can be easily disrupted during anesthesia and surgery, which immediately leads to respiratory disorders. Therefore the strategy should include «open lung» ventilation conception and avoid high tidal volume and excessive oxygen inspiratory fraction. High-frequency oscillatory ventilation (HFOV) often used in babies with severe respiratory failure does not have the advantages in reducing of the BPD development, other pulmonary fatalities, as well as severe neurological complications in preterm infants comparing with conventional ventilation. Regarding full-term newborns, the timely start of HFOV may be more effective than conventional mechanical ventilation. This review also applies to such issues as use of inhaled nitric oxide, using of cuffed endotracheal tubes, the influence of anesthetics on immature lungs and breathing problems that may occur during anesthesia and surgery.

Keywords: respiratory system, newborns, ventilation.