ИЗ ИСТОРИИ

© А.А. СОЛОДОВ, С.С. ПЕТРИКОВ, 2014

ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ: ОТ ПРОРОКОВ ДО НАШИХ ДНЕЙ

А.А. Солодов, С.С. Петриков

...И создал Господь Бог человека из праха земного
и вдохнул в его ноздри дыхание жизни,
и стал человек душою живою.
(Библия. Книга бытия. Глава 2.)

Термином «Искусственная вентиляция легких» (ИВЛ) обозначают способ поддержания адекватного дыхания больного. В настоящее время ИВЛ является важной составляющей интенсивной терапии, так как эффективное лечение пациентов, находящихся в критическом состоянии, возможно только при условии поддержания адекватного легочного газообмена. Развитие технологий, создание аппаратов, оснащенных различными режимами ИВЛ, привело к тому, что современное представление об искусственном дыхании выходит за рамки «искусственной вентиляции легких». В эпоху активного применения интеллектуальных (адаптивных) режимов вентиляции легких, ориентированных не на замещение, а на поддержание самостоятельного дыхания больного, более корректным является использование термина «респираторная поддержка».

Возможность восстановления и поддержания дыхания интересовала человечество с давних времен. В древних писаниях Египтян и Греков были представлены различные теории о дыхания. Одним из первых упоминаний о применении искусственного дыхания является сказание о пророке Елисее (Илия) (Ветхий Завет, 4 Царств 4:32-37): «И вошел Елисей в дом, и вот, ребенок умерший лежит на постели его. И вошел, и запер дверь за собою, и помолился Господу. И поднялся и лег над ребенком, и приложил свои уста к его устам, и свои глаза к его глазам, и свои ладони к его ладоням, и простерся на нем, и согрелось тело ребенка. И встал, и прошел по горнице взад и вперед; потом опять поднялся и простерся на нем. И чихнул ребенок раз семь, и открыл ребенок глаза свои...» (рис. 1).

Большое значение придавали обеспечению проходимости дыхательных путей. В результате археологических раскопок были обнаружены древнеегипетские таблички (возраст около 3600 гг. до н.э.), которые, возможно, описывали наложение трахеостомии. Греческий врачеватель Анаксименес (Anaximenes) в 570 г. до н.э. писал «наша душа, словно воздух, поддерживает нас, поэтому пневма и воздух пронизывают весь мир». К первым научным трудам о вентиляции легких можно отнести «Трактат о воздухе», в котором Гиппократ (460—375 до н.э.), потомок древнегреческого бога медицины Асклепия, подробно воспроизвел методику интубации трахеи [4]. В 161 г. известный философ и хирург Галлен (Claudius Gallen) первым описал собственный опыт вдувания воздуха в дыхательные пути животных через тростниковую трубочку.

Несмотря на давний интерес к обеспечению дыхания человека, сообщения о проведении искусственной вентиляции легких практически отсутствуют вплоть до XVI века нашей эры. Известно, что Парацельс (Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 1493—1541) применял вентиляцию легких у младенцев с асфиксией через специальный воздуховод при помощи мехов для раздувания огня в камине [2]. Позднее Везалий (Andreas Vesalius, 1514—1564) в фундаментальной работе «Строение человеческого тела» описал технику проведения искусственного дыхания через трубку, установленную в трахее собаки [2, 11] (рис. 2). Существует мнение, что Везалий эффективно осуществил реанима-

Рис. 1. Пророк Елисей воскрешает сына сонамитянки [Юлиус Шнорр фон Карольсфельд (1794-1872), «Иллюстрации к Ветхому завету»].
Fig. 1. The prophet Elisseus is bringing to life the son of Shunammite [Julius Schnorr von Carolsfeld (1794—1872), «Illustrations of The Old Testament»].

Рис. 2. Гравюра Andreas Vesalius [Courtesy of Historical Collections & Services, Claude Moore Health Sciences Library, University of Virginia. www.healthsystem.virginia.edu/internet/library/historical/artifacts/antiqua/vesalius.cfm
Fig. 2. The engraving "Andreas Vesalius" [Courtesy of Historical Collections & Services, Claude Moore Health Sciences Library, University of Virginia. www.healthsystem.virginia.edu/internet/library/historical/artifacts/antiqua/vesalius.cfm

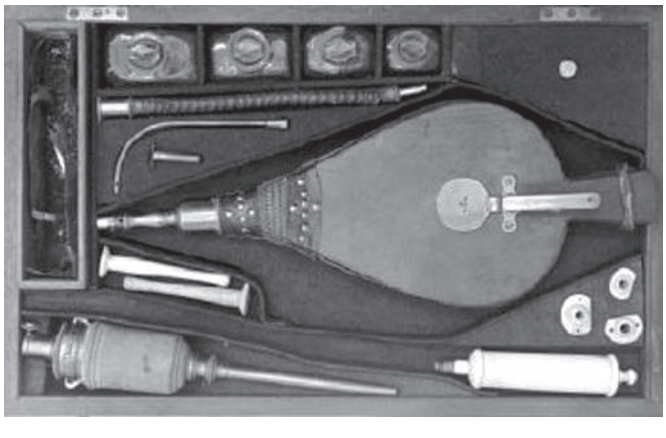

Рис. 3. Набор для реанимации Королевского научного общества (Royal Humane Society), 1774 г. [Core Topics in Mechanical Ventilation, 1st Edn. I. Mackenzie. (editor). Published by Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 425].
Fig. 3. The intensive care unit (ICU) set of Royal Humane Society, 1774. [Core Topics in Mechanical Ventilation, 1st Edn. I. Mackenzie. (editor). Published by Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 425].

цию человека, используя искусственное дыхание. Однако этот случай оказал трагическое влияние на судьбу ученого. Везалий проводил вскрытие тела испанского дворянина, когда «труп» неожиданно начал подавать признаки жизни. После успешной реанимации дворянин оправился от травм. Тем не менее, Везалий за допущенную ошибку был осужден инквизицией и «для искупления грехов» вместе с семьей отправлен в паломничество в Иерусалим. На обратном пути Везалий в результате кораблекрушения был выброшен на остров Занте (Греция), где и умер в 1564 г.

Серьезным прорывом в технике проведения искусственной вентиляции легких явилась идея применения мехов для разжигания огня в камине. В 1664 г. Robert Hooke во время заседания Королевского научного общества в Лондоне продемонстрировал возможность применения ИВЛ у подопытного животного через трахеостомическую трубку при помощи пары каминных мехов [1]. Удобство методики было по достоинству оценено общественностью. Меха для раздувания огня стали активно применять для неотложной ИВЛ. В XVIII веке были созданы специальные наборы для реанимации, в состав которых входили адаптированный ручной мех, а также различные трубки для проведения вентиляции легких через рот или трахеостомическое отверстие (рис. 3). Дополнительным стимулом для широкого применения искусственной вентиляции легких стало открытие способа получения кислорода (Joseph Priestley, 1774) и объяснение жизненно важной роли этого газа в организме (Antoine Lavoisier, 1789).

Однако используемая методика ИВЛ была небезупречна. По мере накопления опыта применения специальных мехов были выявлены случаи разрыва легких при введении в дыхательные пути большого объема воздуха. Наличие такого грозного осложнения привело к некоторому охлаждению интереса к экспираторной вентиляции легких. В противовес экспираторным способам ИВЛ были предложены «мануальные» методы обеспечения дыхания, посредством наружного воздействия на тело человека. Наиболее распространенными были методики периодического внешнего сдавления руками грудной клетки («Sylvester» техника) или живота («Leroy» техника), позднее применяли качающиеся кровати (способ Франка Ива) [1, 2]. Модифицированные варианты «мануальных» методов обеспечения дыхания до недавнего времени активно применяли при восстановлении жизни утопающих (способ Шефера-Эмерсона-Айри).

Возрождение интереса к экспираторным способам вентиляции легких связано с именем Leroy D'Etiolles, который предложил простой способ профилактики повреждения легких во время ИВЛ (рис. 4). Французский ученый в 1821 г. модифицировал дыхательный мех при помощи мерной линейки, которая позволила дозировать объем воздуха, вдуваемого в легкие [1].

Параллельно с эволюцией техники проведения искусственной вентиляции легких происходило совершенствование методов доступа к дыхатель-

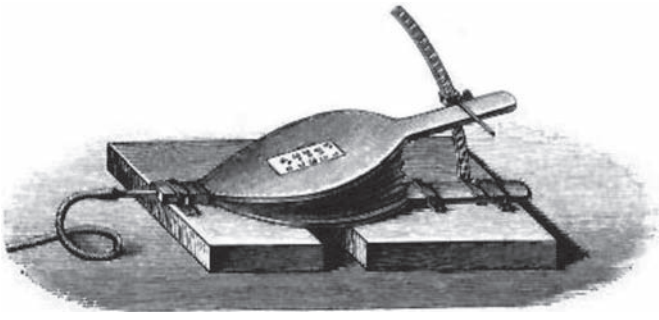

Рис. 4. Дыхательный мех с мерной линейкой для контроля объема воздуха, вдуваемого в дыхательные пути (Leroy D'Etiolles, 1821 г.).
Fig. 4. The respiratory bag with measuring scale for control of air volume inhaling into airways (Leroy D'Etiolles, 1821).

ным путям. На смену широкому применению трахеостомии пришли способы оротрахеальной интубации трахеи. В XIX веке были разработаны интубационные трубки с манжетой (Chaussier, 1807) или герметизирующей оливой (J. O'Dwyer, 1887) [1, 10].

Середина XIX и начало XX веков ознаменовались значительным научно-техническим прогрессом. Были созданы первые автоматизированные аппараты ИВЛ. В 1907 г. компания Drager выпустила респиратор «Pulmotor», который представлял собой компактное устройство для вентиляции легких «патефонного типа» в комплекте с кислородным баллоном и лицевой маской [1] (рис. 5). Мобильные аппараты для искусственного дыхания отлично зарекомендовали себя при спасении людей в различных экстремальных ситуациях. Позднее на основе мобильного горноспасательного прибора были созданы стационарные аппараты для искусственной вентиляции легких «Pulmotor».

Несмотря на высокую эффективность, многие ученые отмечали нефизиологичность экспираторных методов обеспечения дыхания. При самостоятельном вдохе в респираторной системе за счет сокращения дыхательной мускулатуры создается отрицательное давление, что приводит к пассивному проникновению порции воздуха в дыхательные пути. Экспираторные методы ИВЛ основаны на активном вдувании воздуха в дыхательные пути за счет применения внешнего по-

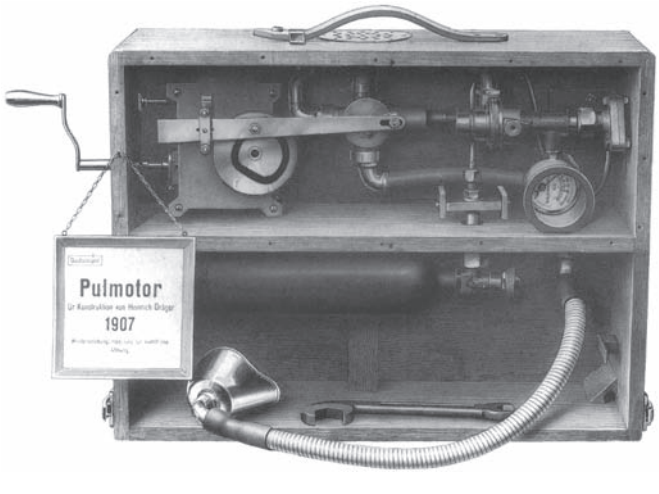

Рис. 5. Аппарат для искусственной вентиляции легких «Pulmotor» (Drager, 1907).
Fig. 5. The mechanical ICU ventilator «Pulmotor» (Drager, 1907).

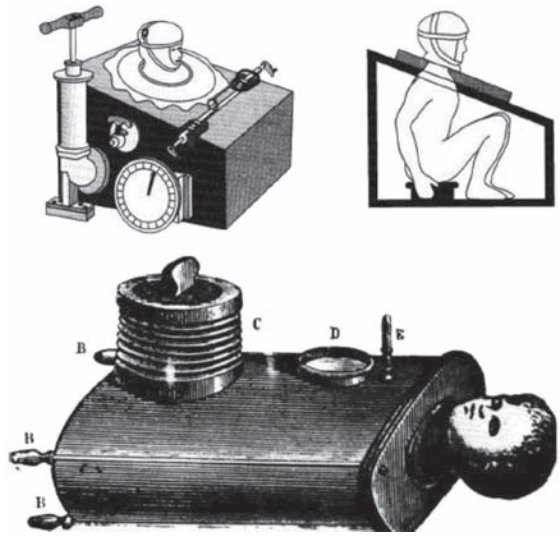

Рис. 6. Аппараты для вентиляции легких с отрицательным давлением в дыхательных путях [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].
Fig. 6. The ICU ventilators with application of negative-pressure ventilation [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].

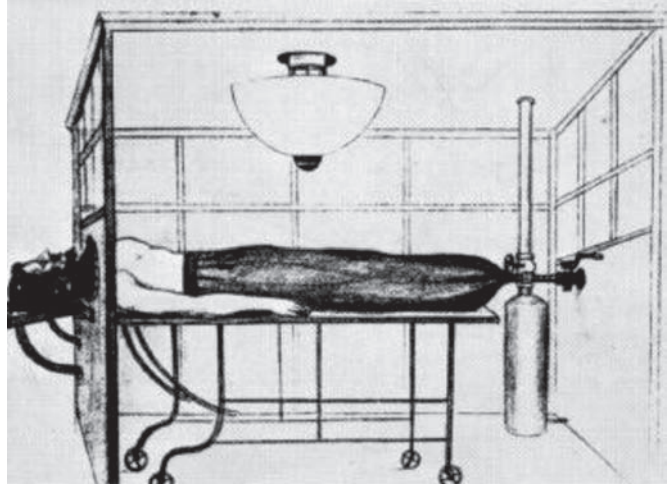

Рис. 7. Аппараты для вентиляции легких с отрицательным давлением в дыхательных путях [Sauerbruch F. Zur Pathologie des offenen pneumothorax und die Grundlagen meines Verfahrens zu seiner Ausschaltung. Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirugie 1904;13:999—1004; Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].
Fig. 7. The ICU ventilators with application of negative-pressure ventilation [Sauerbruch F. Zur Pathologie des offenen pneumothorax und die Grundlagen meines Verfahrens zu seiner Ausschaltung. Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirugie 1904;13:999—1004; Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].

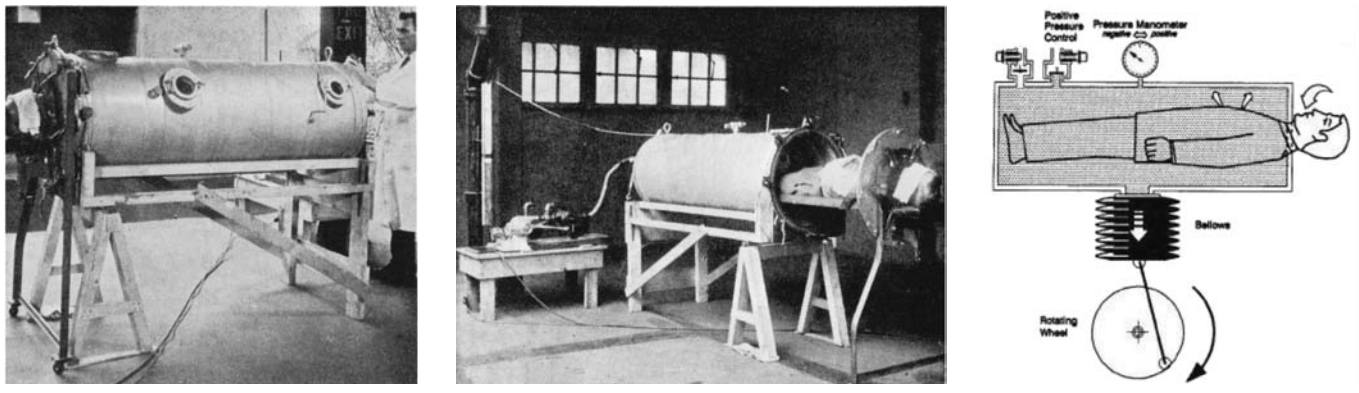

Рис. 8. Аппарат для искусственной вентиляции легких «Iron Lung» Drinker and Shaw's, 1929 [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].
Fig. 8. The ICU ventilator «Iron Lung» Drinker and Shaw's, 1929 [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].

ложительного давления. Нарушение физиологии дыхания может приводить к изменению легочной механики, снижению притока крови к сердцу, изменению работы мукоцилиарного клиренса, атрофии дыхательной мускулатуры.

Желание ученых обеспечить физиологичность дыхания при проведении ИВЛ привело к созданию принципиально новых аппаратов. Первые респираторы, создающее отрицательное давление в дыхательных путях («Tank ventilator», 1838), представляли собой герметичную коробку, в которую помещали больного (рис. 6). Для осуществления искусственного дыхания из коробки периодически выкачивали воздух. Образующийся вакуум обуславливал присасывающее действие грудной клетки и диафрагмы на легкие, создавая таким образом отрицательное давление в дыхательных путях [7]. Аппарат был снабжен манометром для дозирования создаваемого давления в герметичной коробке. Основной задачей при использовании таких «респираторов» была быстрая и своевременная смена циклов пассивного вдоха и активного выдоха.

По идентичному принципу в 1904 г. F. Sauerbrach разработал рабочую камеру с создаваемым отрицательным давлением, в которую помещали пациента (рис. 7). Камера была достаточно большого размера, чтобы хирург, находясь в ней одновременно с пациентом, мог выполнять оперативные вмешательства [7, 8]. Нижнюю часть тела и нижние конечности пациента помещали в гибкий мешок, в котором создавали положительное давление для предотвращения избыточного кровенаполнения органов брюшной полости под воздействием внешнего отрицательного давления.

Большое значение для развития ИВЛ имело создание и серийное производство аппарата «железные легкие» (Iron Lung) [3] (рис. 8). Принцип работы респиратора также был основан на присасывающем воздействии на грудную клетку отрицательного давления, создаваемого в компактной камере, в которую помещали тело больного. Активное использование «Iron Lung» позволило спасти жизни многих больных.

Максимальная эффективность вентиляции легких была продемонстрирована в 40-50-е годы XX века во время эпидемии полиомиелита [5]. Показателен пример героического труда датских врачей в 1952 г. В одной из клиник Копенгагена у 316 из 866 пациентов с полиомиелитом были диагностированы бульбарные нарушения и паралич дыхательной мускулатуры, что потребовало выполнения трахеостомии, проведения постурального дренажа и протезирования самостоятельного дыхания. В течение 19 недель более 1400 студентов, работая посменно, осуществляли вентиляцию легких в ручном режиме (рис. 9). Эффективное применение простейшей вентиляции легких поз-

Рис. 9. Пример вентиляции легких больного с полиомиелитом в ручном режиме [Core Topics in Mechanical Ventilation, 1st Edn. I. Mackenzie. (editor). Published by Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 425].
Fig. 9. The hand artificial lung ventilation at poliomyelitic patient [Core Topics in Mechanical Ventilation, 1st Edn. I. Mackenzie. (editor). Published by Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 425].

Рис. 10. Проведение вентиляции легких во время эпидемии полиомиелита в госпитале Ranchos Los Amigosl, Калифорния, США, 1953 г. [Wikipedia contributors. Iron lung. http://en.wikipedia.org/wiki/iron lung. Accessed June 14, 2011].
Fig. 10. The mechanically ventilated patients during epidemic poliomyelitis epidemy at Ranchos Los Amigos Hospital, California, USA, 1953. [Wikipedia contributors. Iron lung. http://en.wikipedia.org/wiki/iron lung. Accessed June 14, 2011].

волило снизить летальность у больных с полиомиелитом с 80 до 23%. Закономерные опасения перед возможностью повторения эпидемии дали значительный импульс для создания в Европе автоматических аппаратов для вентиляции легких. Впервые были организованы специализированные центры по применению ИВЛ (рис. 10).

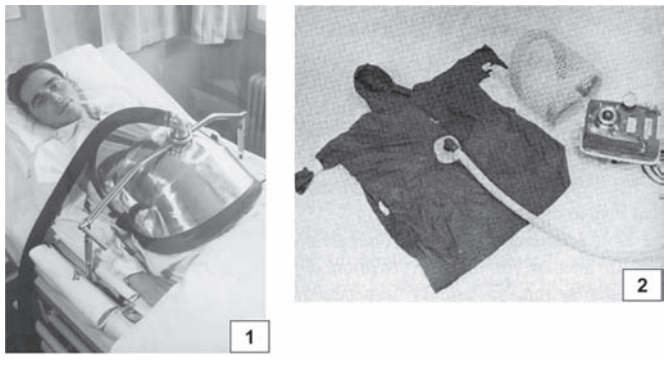

Рис. 11. Аппараты для вентиляции легких с отрицательным давлением в дыхательных путях: «Кирасные легкие» (1), «Плащ» с проволочной сеткой (2). [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].
Fig. 11. The negative-pressure ICU ventilators: «Chest cuirass» (1), «Raincoat» wrap with wire grid (2). [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].

Со временем были разработаны различные виды аппаратов для вентиляции легких с отрицательным давлением в дыхательных путях («кирасные легкие», специальные жилеты), принцип работы которых был основан на локальном воздействии создаваемого аппаратом вакуума на грудную клетку [6] (рис. 11).

Однако используемые аппараты были громоздкими и тяжелыми, не позволяли поддерживать высокое давление в дыхательных путях, создавать положительное давление в конце выдоха (ПДКВ). В результате после создания в конце 60-х годов прошлого века компактных и эффективных респираторов экспираторного типа аппараты ИВЛ с отрицательным давлением в дыхательных путях были постепенно вытеснены из широкого применения.

При разработке многих экспираторных аппаратов ИВЛ первого поколения были использованы технологии, разработанные во время Второй мировой войны. Научные идеи военного времени успешно послужили спасению жизни людей. Так, например, военные разработки, использованные при высотном бомбометании, легли в основу создания механизмов обеспечивающих регуляцию аппаратного дыхания (рис. 12). Большинство

аппаратов ИВЛ того времени осуществляли вентиляцию легких с регуляцией по давлению (респираторы компаний Emerson, Bird и Bennet) [2].

В середине XX века была сформулирована концепция открытия легких. Поддержание положительного давления в конце выдоха позволяет предотвратить коллабирование альвеол, увеличить функциональную остаточную емкость легких, улучшить газообмен, а также осуществлять профилактику «ателектотравмы» легких вследствие постоянного открытия и закрытия альвеол во время искусственного дыхания. В респираторах первого поколения ПДКВ создавали за счет помещения трубки выдоха в емкость с водой на глубину, необходимую для достижения требуемого уровня ПДКВ [7] (рис. 13).

Рис. 12. Аппараты для искусственной вентиляции легких первого поколения: Morch ventilator (1), Bird Mark 7 (2), Engstrom 150 (3).
Fig. 12. The first-generation ICU ventilators: Morch ventilator (1), Bird Mark 7 (2), Engstrom 150 (3).

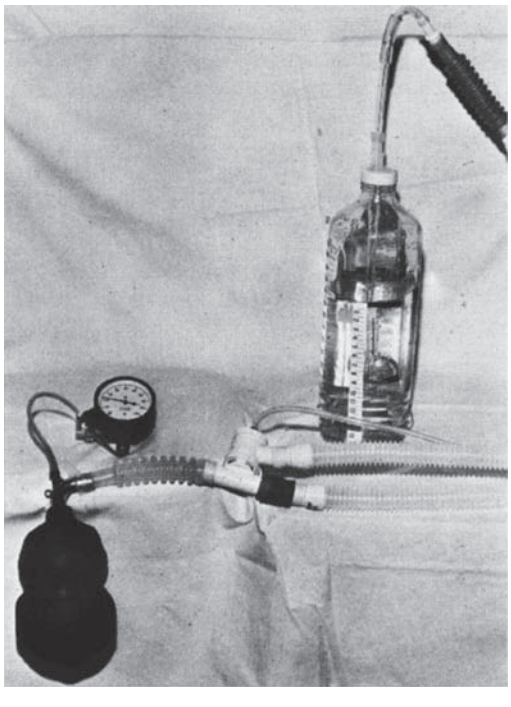

Рис. 13. Первый способ создания положительного давления в конце выдоха [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].
Fig. 13. The first approach for PEEP (positive end-expiratory pressure) application [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].

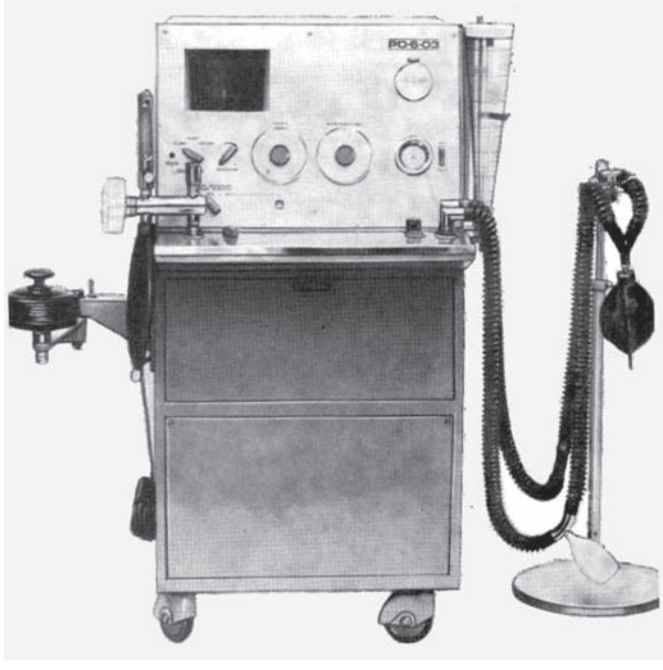

Рис. 14. Аппарат для искусственной вентиляции легких PO-6-03.
Fig. 14. The mechanical ICU ventilator PO-6-03.

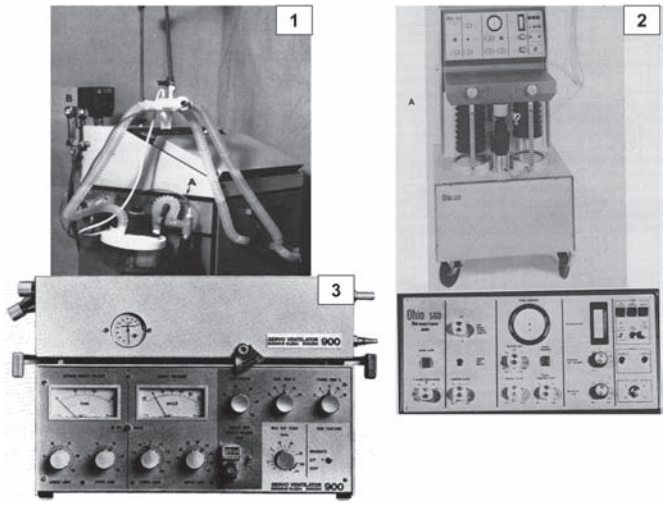

Рис. 15. Аппараты для искусственной вентиляции легких второго поколения: Puritan Bennett MA-1 (1), Ohio 560 (2), Siemens Servo 900 (3) [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].
Fig. 15. The xecond-generation ICU ventilators: Puritan Bennett MA-1 (1), Ohio 560 (2), Siemens Servo 900 (3) [Kacmarek R.M. The Mechanical Ventilator: Past, Present // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80].

В Советском Союзе в 60—70-х годах прошлого века были созданы современные респираторы. Наибольшей популярностью заслуженно пользовался аппарат для ИВЛ «РО-6» (рис. 14). Достоинствами респиратора являлись простота работы и высокая эффективность вентиляции легких, отвечающие всем современным требованиям того времени.

Несмотря на технологический прорыв, респираторы первого поколения не обладали системами контроля параметров искусственной вентиляции легких. Второе поколение аппаратов ИВЛ позволило решить эти проблемы. Респираторы были оснащены системами мониторинга, которые позволяли контролировать частоту дыхания, давление в дыхательных путях и дыхательный объем. Появилась возможность настраивать тревоги изменения параметров ИВЛ. Однако наиболее характерной чертой аппаратов ИВЛ второго поколения является внедрение электронной системы запуска аппаратного вдоха в ответ на дыхательную попытку больного (триггер дыхания), что позволило улучшить синхронизацию работы респиратора с самостоятельным дыханием пациента (аппараты ИВЛ Puritan Bennett MA-1, Ohio 560, Siemens Servo 900) (рис. 15).

В более современных респираторах второго поколения впервые были реализованы различные режимы ИВЛ: перемежающаяся принудительная вентиляция (Intermittent Mandatory Ventilation), синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation). Реализация режима SIMV была еще несовершенна, зачастую не удавалось добиться адекватной работы аппарата ИВЛ синхронно с дыханием больного, однако это был первый режим, обеспечивающий функционирование системы обратной связи «пациент-респиратор». Параллельно с разработкой традиционных респираторов второго поколения были созданы аппараты для высокочастотной вентиляции легких (осцилляторной, струйной, перкуссионной), которые позволяют с высокой частотой осуществлять вентиляцию легких. Однако до сих пор такие типы респираторов не нашли широкого применения и рассматриваются как альтернативные способы вентиляции легких, применение которых обосновано лишь в узкоспециализированных областях медицины.

Главным отличием респираторов третьего поколения явилось наличие общего микропроцессорного управления (аппараты ИВЛ Puritan Bennett 7200, Bear 1000, Servo 300, Hamilton Veolar) (рис. 16). Применение электроники позволило максимально расширить потенциал мониторинга параметров респираторной поддержки. На экране респиратора появилась возможность контролировать форму кривой давления в дыхательных путях, подаваемого респиратором потока смеси газа, дыхательного объема, были отражены различные петли, отражающие состояние легочной механики во время проведения ИВЛ [7]. В аппаратах ИВЛ третьего поколения был расширен арсенал режимов вентиляции легких за счет создания режима с двухфазным давлением в дыхательных путях (Airway Pressure Release Ventilation). За счет электронного управления работы клапанов выдоха респиратор создает 2 уровня давления в дыхательных путях больного, что соответствует вдоху и выдоху пациента [9].

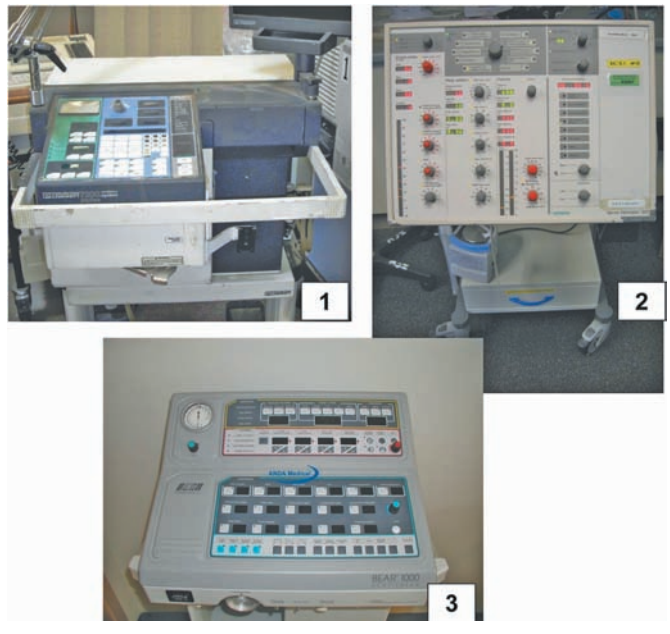

Рис. 16. Аппараты для искусственной вентиляции легких третьего поколения: Bennett 7200 (1), Servo 300 (2), Bear 1000 (3).
Fig. 16. The third-generation ICU ventilators: Bennett 7200 (1), Servo 300 (2), Bear 1000 (3).

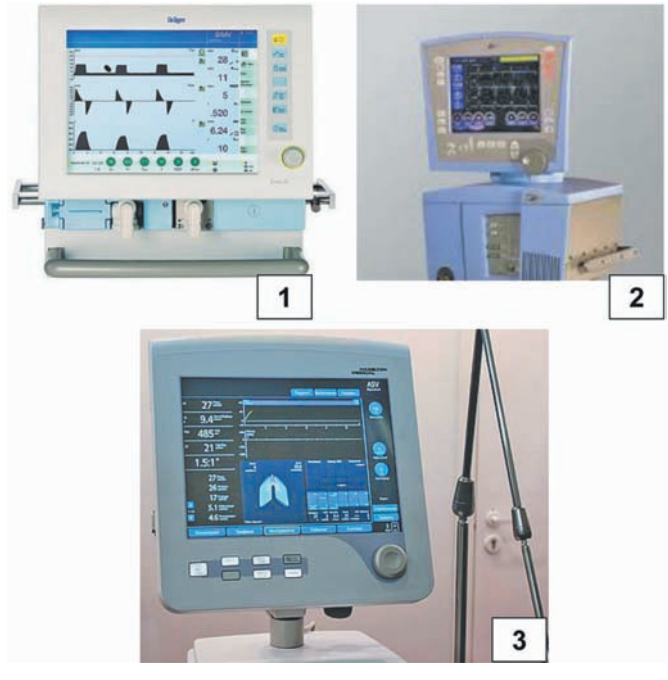

Рис. 17. Аппараты для искусственной вентиляции легких четвертого поколения: Drager Evita XL (1), Hamilton G5 (2), Care Fusion Avea (3).
Fig. 17. The fourth-generation ICU ventilators: Drager Evita XL (1), Hamilton G5 (2), Care Fusion Avea (3).

В настоящее время используются аппараты ИВЛ четвертого поколения. Отличительными особенностями современных респираторов являются большой выбор различных режимов вентиляции, в том числе для неинвазивной вентиляции легких, широкий арсенал мониторинга параметров ИВЛ и показателей легочной механики, высокая чувствительность систем отклика аппарата ИВЛ на дыхательную попытку пациента (рис. 17).

За последние 50 лет искусственная вентиляция легких проделала огромный путь от простейших аппаратов до современных компактных машин-компьютеров. Созданы интеллектуальные режимы ИВЛ, в которых врач задает основные характеристики пациента, целевые значения для искусственной вентиляции легких, а аппарат в ответ на изменение состояния больного самостоятельно или под контролем специалиста подбирает параметры ИВЛ. Ультрасовременные респираторы максимально осуществляют вентиляцию легких по принципу обратной связи «пациент-респиратор». Существуют режимы ИВЛ, позволяющие безопасно отлучать пациента от респиратора. Дальнейшие разработки направлены на создание «автопилота» по управлению ИВЛ с минимальным участием врача. Однако на сегодняшний день многие из используемых интеллектуальных режимов вентиляции легких не обладают достаточной безопасностью и эффективностью проведения респираторной поддержки. Поэтому, несмотря на технический прогресс и применение модных «нанотехнологий», грамотный специалист пока не может отпустить «в свободное плавание» тандем пациента и респиратора.

На наш взгляд, в ближайшем будущем проведение искусственной вентиляции легких без участия врача представляется невозможным. Эффективность респираторной поддержки напрямую зависит от компетентности и грамотности доктора, управляющего процессом. В связи с этим огромное значение имеет не только техническая оснащенность респиратора, но и правильное применение имеющихся возможностей респираторной поддержки для улучшения состояния больного. А пока большинство специалистов ожидают, что последующее поколение аппаратов ИВЛ будет УМНЫМ, во всех смыслах этого слова! «Пилоты» должны иногда отдыхать!

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Солодов Александр Анатольевич — канд. мед. наук, заведующий отделением реанимации для нейрохирургических больных отделения неотложной нейрохирургии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, e-mail: docsol@mail.ru

Петриков Сергей Сергеевич — д.м.н., заместитель директора НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, руководитель регионального сосудистого центра, профессор кафедры нейрохирургии и нейрореанимации МГМСУ им. А.И. Евдокимова

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лебединский К.М., Мазурок В.А., Нефедов А.В.* Основы респираторной поддержки. — СПб: издание кафедры АиР СПб МАПО, 2005. — 220 с.;
2. Core Topics in Mechanical Ventilation, 1st Edn. I. Mackenzie. (editor). Published by Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 425;
3. *Drinker P., Shaw L.A.* An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: I. Design for adults and children. J Clin Invest 1929;7(2):229—247;
4. *Heironimus* T.W. *Mechanical Artificial*Ventilation, Springfield, III, Charles C.Thomas; *1971;*
5. *Hodes H.L.* Treatment of respiratory difficulty in poliomyelitis. In: Poliomyelitis: papers and discussions presented at the Third International Poliomyeliytis Conference. Philadelphia: Lippincott; 1955:91—113;
6. *Kacmarek R.M., Spearman C.B.* Equipment used for ventilatory support in the home. Respir Care 1986;31(3):311—328;
7. *Kacmarek R.M.* The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future // Respir Care. 2011 Aug;56(8):1170-80;
8. *Sauerbruch F.* Zur Pathologie des offenen pneumothorax und die Grundlagen meines Verfahrens zu seiner Ausschaltung. Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirugie 1904;13:999—1004;
9. *Stock M.C., Downs J.B., Frolicher D.A.* Airway pressure release ventilation. Crit Care Med 1987;15(5):462—466;
10. *Szmuk P.* et al. A brief history of tracheostomy and tracheal intubation, from the Bronze Age to the Space Age," Intensive Care Medicine, 2008, 34, p. 222-228.
11. *Vesalius A.* De Humani Corporis Fabrica. Basle,Oporini, I. 1542.