

# Симуляционное обучение в анестезиологии и реаниматологии





## ЕВДОКИМОВ

Евгений Александрович

Проректор по лечебной работе ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» Минздрава Российской Федерации, заведующий кафедрой анестезиологии и неотложной медицины, заслуженный врач Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор, главный специалист анестезиолог-реаниматолог Департамента здравоохранения города Москвы.



## ПАСЕЧНИК

Игорь Николаевич

Заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии ФГБУ «Учебно-научный медицинский центр» Управления делами Президента Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор.

# Симуляционное обучение в анестезиологии и реаниматологии: имитация реальности

Система профессиональной подготовки специалистов по анестезиологии и реаниматологии традиционно формировалась с учетом важности овладения манипуляционными навыками. В нашей стране на кафедрах анестезиологии и реаниматологии с начала 70-х годов появились специальные манекены, на которых можно было отрабатывать навыки сердечно-легочной реанимации, поддержания проходимости дыхательных путей, интубации трахеи и другие. Для этой цели одними из первых были манекены производства компаний «Laerdal», «Ambu», в последующем появились отечественные разработки.

Подготовка врачей по специальностям анестезиология-реаниматология и интенсивная терапия отличается сложной организационно-деонтологической спецификой. Специальность здравоохранения «Анестезиология и реаниматология» - это медицинская дисциплина, которая призвана к реализации комплекса медицинских знаний

и современных, научно-обоснованных методологических подходов по защите, обеспечению безопасности и лечению больного или пострадавшего при использовании хирургических методов лечения различных заболеваний, интервенционно-диагностических процедур и методов терапии, родовспоможении, при возникновении критического состояния у детей и взрослых на до- и госпитальном этапах. «Анестезиология и реаниматология» - это раздел медицинской науки об управлении функциями организма и защите от операционной и иной травмы, ее последствий.

По роду своей профессиональной деятельности врачи анестезиологи-реаниматологи взаимодействуют со специалистами практически всех клинических направлений: хирургических, акушерско-гинекологических, сердечно-сосудистых, урологических, нейрохирургических, травматологических, других специализированных отделений, блоков интенсивной тера-

пии, в условиях амбулаторной и стационарной помощи, в трудных и специальных условиях, при чрезвычайных ситуациях и катастрофах. Работа связана с высоко технологичным оборудованием: специальная сложная наркозно-дыхательная аппаратура, системы для мониторингирования жизненно-важных функций организма во время анестезии и интенсивной терапии, специальные устройства для дозирования лекарственных средств, аппараты искусственной вентиляции легких, техника для реализации кровосберегающих технологий, проведения детоксикации и другие.

Все это определило в последние годы взрывной интерес к использованию симуляционных технологий для обучения методам, используемым в анестезиологии и реаниматологии, отработке навыков работы на высокотехнологичном оборудовании, созданию специальных симуляционных центров. В известной мере этому способствовали и технические достижения



последних лет – создание современных роботов, имитирующих многие процессы жизнедеятельности человека. Работа с роботами-симуляторами позволяет создать полную имитацию операционной и рабочего места анестезиолога, палаты отделения реанимации и интенсивной терапии, имитировать ситуацию во внебольничных условиях (место катастрофы), тем самым приблизиться к клинической ситуации, возникающей в реальных условиях практической деятельности анестезиологов и реаниматологов (сценарий). Необходимо также заметить, что накоплен большой опыт, доказывающий эффективность симуляционного обучения, свидетельствующий об успешном использовании приобретенных на тренажерах навыков работы в клинической практике [8, 11].

Теоретическое обучение врачей анестезиологов-реаниматологов носит фундаментальный характер и осуществляется по утвержденным программам вузовской и послевузовской подготовки. Чрезвычайно важным моментом явилось, то что в нашей стране симуляционное обучение обрело законодательную базу - Приказ Минздравсоцразвития России от 5 декабря 2011 года № 1475н «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (интернатура, ординатура)».

## Из истории симуляционного обучения

Создание и использование современных роботизированных комплексов, напрямую связано с историей возникновения манекенов-симуляторов для обучения применительно к проблемам анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии.

Появление первого манекена для сердечно-легочной реанимации (в последующем сердечно-легочной и мозговой реанимации - СЛМР) овеяно легендой вперемешку с реальностью. По времени примерно совпало с выходом в свет первого руководства по сердечно-легочной реанимации, которое было подготовлено профессором Питтсбургского университета Питером Сафаром (*P. Safar*). В конце 50-х годов XX века А. Лаэрдал (*Asmund S. Laerdal*) в Норвегии, занимаясь изготовлением игрушек из мягкого винила, разработал манекен для обучения методам искусственного дыхания и непрямого массажа сердца. Для лица манекена был использован внешний вид посмертно сделанной маски утонувшей красавицы. Он полагал, что если манекен будет внешне похож на человека, то у обучающегося будет больше мотиваций освоить приемы спасения жизни.

По легенде на рубеже XIX века из реки Сена в Париже выловили тело утонувшей молодой девушки



Илл. 1  
Посмертная  
маска неизвест-  
ной из р.Сены

без признаков насилия. Судмедэксперты и полицейские решили, что она покончила жизнь самоубийством, бросившись в реку. Установить личность ее не удалось и, в соответствии с законом, была сделана посмертная маска погибшей. Красота и подобие улыбки на лице девушки окутали ее гибель романтическим флером вечной истории о неразделенной любви.

Легенда эта сделалась популярной в Европе, как и репродукция посмертной маски несчастной. Вдохновленный этой историей Лаэрдал использовал посмертную маску девушки для моделирования лица учебного манекена СЛМР (илл. 1), названного *Resusci Anne* («Оживленная Анна»).

Следующим этапом развития имитационного обучения стал симулятор *Харви*, созданный в 1968 году Майклом Гордоном (*Michael Gordon*) из Майами, Флорида. На этом симуляторе воспроизводились 25 различных параметров сердечной деятельности, менялось



Илл. 2  
Симулятор  
Харви

артериальное давление и показатели дыхания. Формирование звуков работающего сердца и дыхательных шумов осуществлялось с помощью микрофонов. Движение «крови» по «сосудам» достигалось за счет специальных моторов (илл. 2). Обучение на симуляторе Харви наряду с врачами кардиологами проходили анестезиологи и врачи неотложной медицины.

Дальнейший технический прогресс способствовал появлению более совершенных моделей, в том числе позволяющих имитировать общую анестезию. В 1986 году в Стэнфордском университете под руководством профессора Дэвида Габа был разработан первый анестезиологический симулятор пациента *CASE*, позволяющий создавать различные ситуации в наркозе на основе инструментов *CASE* [1]. Параллельно были проведены

исследования по проблеме человеческого фактора в анестезиологии с учетом особенностей мышления врачей анестезиологов. В результате удалось разработать специальный симуляционный курс «Ресурсы для разрешения кризисных ситуаций в анестезиологии» для занятий с моделью *CASE* (илл. 3.).

Стоит отметить, что симуляционный центр, созданный Д. Габа, существует до сих пор и является одним из ведущих в мире. У обучающихся там особенно популярна тема отработки ринятия решений при кризисных ситуациях в анестезиологии.

В это же время параллельно развивался другой проект - в университете Флориды (Гэйнсвилль, США) под руководством Дж. Гравенштейна (*J.S. Gravenstein*). Там был создан создан *GAS* – Гэйнсвилльский анестезиологический симулятор, который явился

Илл. 4  
Гэйнсвилльский анестезиологический  
симулятор *GAS* (внизу)

Его потомок - робот-симулятор пациента *METI HPS* в ФГБУ «УНМЦ» УД Президента РФ (справа)



Илл. 3. Анестезиологический симулятор *CASE*, проф. Дэвид Габа

прообразом нового класса – «роботов-симуляторов пациента». В последующее время разработку и производство этих симуляторов осуществляла фирма *METI* (*Medical Education Technologies Inc*), а затем *CAE Healthcare*, США. Модель *METI HPS* – *Human Patient Simulator* (Симулятор пациента-человека) - является самой совершенной и позволяет имитировать внутривенные и ингаляционные виды анестезии (илл. 4).



# Особенности учебного процесса с использованием симуляторов

Почти четыре десятилетия до недавнего времени при подготовке врачей анестезиологов-реаниматологов и специалистов по неотложной медицине чаще всего с успехом использовали различные модели симуляторов первого уровня сложности. Они с успехом применялись ранее и используются сейчас для обучения стартовых основных анестезиологических и реанимационных методик и техник.

Появление роботов-симуляторов с соответствующим программным обеспечением можно считать событием инновационным. Это потребовало адекватной коррекции программ обучения, определения места симуляционных технологий в структуре обновленных программ подготовки специалистов анестезиологов и реаниматологов.

Важно определить, на каком этапе реализации программ обучения какие симуляторы надлежит использовать [6]. Начинать обучение сразу на сложных симуляторах-комплексах оказалось нецелесообразным, затратным и малоэффективным, сложным для восприятия обучающимися. Реализация принципа «от простого к сложному», начиная от простых манипуляций, заканчивая отработкой действий в имитированных

клинических ситуациях оказалась здесь наиболее оправданной. В возрастающей сложности сегодня используются следующие виды учебных пособий: анатомические модели, схематические манекены, электронные учебники, фантомы-тренажеры практических навыков, низкореалистичные манекены, роботы-симуляторы пациента, начиная от простых манипуляций, заканчивая отработкой действий в имитированных клинических ситуациях, виртуальные палаты интенсивной терапии и операционные.

## Манипуляции

Среди манипуляций, доступных в процессе симуляционного обучения, можно выделить следующие:

1. На дыхательных путях и дыхательной системе: установка воздуховода, ларингеальной маски, комбинированной трубки, интубация трахеи и отдельная интубация бронхов, коникотомия, трахеостомия, вентиляция дыхательным мешком и аппаратом ИВЛ, дренирование плевральной полости во II и V межреберьях, аускультация легких.
2. Сердечно-сосудистая система: пальпация пульса на перифе-

ческих артериях, катетеризация вен, кардиоверсия и наружная кардиостимуляция, аускультация сердца.

3. Желудочно-кишечный тракт: постановка желудочного зонда, аускультация кишечника.

4. Мочевыделительная система: катетеризация мочевого пузыря.

Для отработки навыков в неотложной медицине стало возможным смоделировать место катастрофы со звуковыми сигналами, дымовой завесой. Масштабные учения на местности, приближенные к реальным условиям оказания медицинской помощи (междисциплинарные, межведомственные, многоэтапные и т.д.) – наиболее сложный сценарий виртуального обучения.

Симуляционные технологии следует рассматривать с точки зрения их эффективности и реалистичности для повышения эффективности обучения в анестезиологии-реаниматологии и неотложной медицине. Это позволяет правильно оценить возможности подготовки той или иной категории учащихся, качество полученных ими практических навыков и знаний, возможность работы в команде.

## Уровни реалистичности

В симуляционном тренинге по анестезиологии, реаниматологии и терапии неотложных состояний исторически сложилось деление устройств практического тренинга на 2 большие группы:

- фантомы, модели и иные тренажеры практических навыков;
- манекены-имитаторы пациента.

Последние, в свою очередь, также подразделяются на три класса:

- низкореалистичные манекены базового уровня, с примитивным электронным управлением;
- манекены имитаторы пациента среднего класса с компьютерным управлением;
- высокореалистичные роботы-симуляторы пациента с достоверной математической моделью физиологии человека.

В отличие от манекенов, роботы-симуляторы точно имитируют индивидуальную физиологическую реакцию на действия курсантов и не требуют управления инструктора.

Согласно новейшей классификации в использовании симуляционных технологий можно выделить семь уровней реалистичности учебного процесса в анестезиологии и реаниматологии [2]. При этом имеется четкая взаимосвязь предыдущих и последующих уровней, когда при переходе на каждый последующий уровень стоимость оборудования увеличивается втрое.

**1-й уровень**, «визуально-вербальный» - начальный уровень реалистичности учебного процесса: схематические анатомические модели, электронные учебники и «экранные симуляции». Обязательными компонентами этого этапа являются проведение лекций и семинаров с компьютерными (интерактивными) презентациями, для формирования понимания действий начальных практических навыков, теоретических основ течения патологического процесса и возможностей диагностических и лечебных манипуляций. В качестве примера изделия 1-го уровня реалистичности можно привести широко известную плоскостную



Илл. 5. Анатомическая модель поясничного отдела позвоночника

Манекены **среднего** класса (*instructor-driven*) требуют контроля компьютерных скриптов со стороны инструктора для коррекции параметров.

Роботы-симуляторы **высшего** класса (*model-driven*) имитируют на основании математической модели без вмешательства инструктора уникальную, индивидуальную, реалистичную физиологическую реакцию.

Илл. 5. Плоскостная схема соотношения дыхательных путей и пищеварительного тракта



схему соотношения дыхательных путей и пищеварительного тракта, с помощью которой наглядно демонстрируются преподавателем, а затем отрабатываются курсантами навыки устранения причины нарушения проходимости верхних дыхательных путей (илл. 5).

Другим примером может служить анатомическая модель поясничного отдела позвоночника, которая позволяет продемонстрировать пути для возможной функции эпидурального или субдурального пространств (илл. 6).





Илл. 7.

2-й уровень реалистичности:

фантом люмбальных пункций,



фантом для отработки пунктирования центральных сосудов,



фантом для отработки обеспечения проходимости дыхательных путей.



## 2-й уровень – «тактильный».

Теоретические знания, полученные во время лекций и семинаров, находят применение во время отработки манипуляций на фантомах второго уровня реалистичности - где к визуальному восприятию подключается осязание. Такие изделия выполнены из реалистичного на ощупь материала, что обеспечивает пассивную тактильную реакцию имитируемых тканей в ответ на приложенное курсантом усилие.

На фантомах второго уровня реалистичности обучения отрабатываются мануальные навыки, их моторика - последовательность и скоординированность движений при выполнении той или иной манипуляции, в результате приобретает практический навык.

Наиболее типичный пример - отработка на фантомах головы методик восстановления и поддержания проходимости дыхательных путей: интубации трахеи, коникопункции, проведение вспомогательного дыхания. В ходе тренинга используются реальные ларингоскопы, ларингеальные и эндотрахеальные трубки, дыхательные мешки, световоды, бронхоскопы и т. д.

Существуют также фантомы для отработки пункции и катетеризации центральных вен, эпидурального пространства и иных анестезиологических умений (илл. 7).



Илл. 8. 3-й уровень реалистичности: манекен «Гоша» отечественного производства с электронным контроллером оценки выполнения манипуляций

**3-й уровень – «реактивный».** На этом уровне используются манекены с простейшим ответом на действия обучающихся, например, сигналом лампочки, подтверждающим правильность выполнения СЛМР. Стоит отметить, что все виды реалистичного тренинга, предыдущих этапов, также могут быть здесь использованы. Наиболее известным манекеном этого вида реалистичности является *Оживленная Анна* - манекен для отработки непрямого массажа сердца и искусственной вентиляции легких начального уровня (илл. 8).

В процессе тренинга в ответ на действия обучающегося происходит смещение грудины манекена при выполнении непрямого массажа сердца и экскурсия грудной клетки при искусственном вдохе. Специальные датчики позволяют определить правильность положения рук обучающегося и объем вдыхаемого воздуха. Таким образом, здесь появляются элементы обратной связи и, после демонстрации основных действий, в ходе отработки навыка постоянного присутствия педагога не требуется.

На 3-м уровне реалистичности отрабатываются более сложные практические навыки, координируются различные манипуляции (например, искусственное дыхание + непрямой массаж сердца), что служит прообразом СЛМР в реальных условиях.



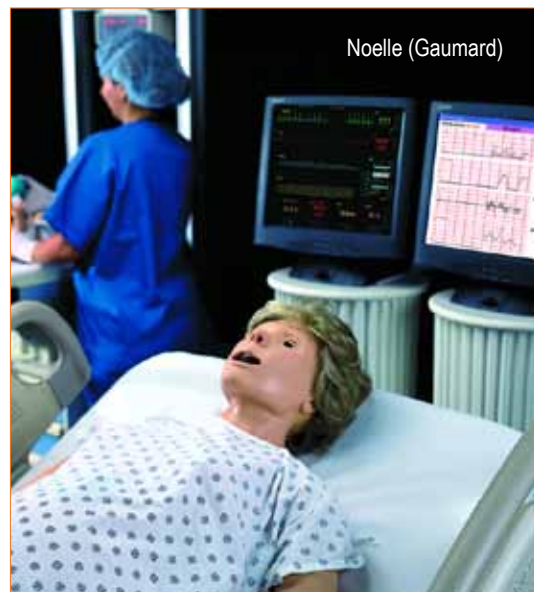
## Объективная оценка эндотрахеальной интубации

На съезде Европейского общества симуляционного обучения в медицине SESAM в июне 2013 года была продемонстрирована новинка японского производства: тренажер для отработки и объективной оценки эндотрахеальной интубации.

Устройство снабжено двумя десятками сенсоров, которые позволяют точно измерить усилия, приложенные на различные органы и ткани. По завершении задания формируется отчет, где перечислены все параметры (выдвижение челюсти, давление на зубы и язык, растяжение трахеи, точность позиционирования трубки, давление в манжетке и пр.) с указанием их значения.

Помимо интубации при нормальной анатомии, с помощью симулятора возможна отработка и тестирование навыка данной манипуляции на различных вариантах трудных дыхательных путей.





Илл. 9. Манекены управляются компьютером, позволяющим имитировать сложные клинические ситуации и воспроизводить различные реакции на действия курсантов



**4-й уровень** - «автоматизированный». На этой стадии подготовки используются более сложные манекены, с помощью которых возможна имитация нескольких параметров ответа. К примеру, манекен для СЛМР дополняется блоком нарушений ритма, которым управляет педагог. Более сложные модели манекенов имеют компьютерное управление (илл. 9) с выводом основных параметров на экран дисплея, возможностью проведения дефибрилляции, плеврального дренирования, аппаратной искусственной вентиляции - с помощью имитаций медицинской аппаратуры.

Использование вместо реальной медтехники имитационных устройств существенно уменьшает стоимость комплекта, хотя и до определенной степени снижает реалистичность занятия.

Основным **преимуществом** данной группы учебных пособий является относительная финансовая доступность при довольно высоких учебных возможностях. **Недостатком** манекенов 4 уровня реалистичности является принцип «*instructor-driven*» - то есть необходимость присутствия инструктора для коррекции параметров и управления компьютерными скриптами. Здесь кроется потенциальная опасность закрепления ошибочных навыков, когда при недостаточной квалификации инструктора на манекен будут даваться неправильные команды.

Тренинг на этом уровне предусматривает более глубокое усвоение мануальных навыков предыдущих этапов, формирует комплексные умения; кроме того, у обучающихся уже должна быть достаточная теоретическая подготовка. Наличие компьютерного управления обеспечивает объективность оценки практического мастерства. Впервые в обучении появляются элементы клинического сценария. Инструктор моделирует проведение СЛМР с различными видами остановки кровообращения (асистолия, фибрилляция желудочков). На занятии проводится дефибрилляция реальным аппаратом, а лекарственные средства вводятся в специальный порт манекена. Имитация различных нарушений ритма, «обратная ЭКГ» при зеркальном наложении электродов дефибриллятора заставляют курсантов быстро анализировать меняющуюся ситуацию.

На 4-м этапе может также отрабатываться комбинация когнитивных и сенсомоторных взаимодействий, происходит адаптация обучаемых к динамически меняющейся ситуации в условиях дефицита времени, стресса и непредсказуемости ответа на свои действия (илл. 10).

**5-й уровень** – аппаратный, когда вместо имитационных устройств используется уже реальная медицинская аппаратура, с которой устанавливается коммуникация манекена: «физиологические» параметры регистрируются монитором слежения с помощью реальных датчиков; дефибрилляция выполняется прибором, генерирующим мощный электрический разряд; дыхание поддерживается аппаратом ИВЛ. За счет использования действующей медтехники значительно повышается уровень реалистичности.

Это предъявляет свои требования и для учебных устройств - конструкция манекенов становится более сложной. Появляются дополнительные системы электробезопасности, чтобы выдержать разряд дефибриллятора и не причинить вреда курсантам. Монтируются дополнительные моторы, насосы, динамики, электроды - ведь необходимо «обмануть» точные медицинские системы слежения с их электрокардиографией, пульсоксиметрией, манометрией. Дыхательная система конструируется механически достоверно для корректной работы с датчиками аппаратов ИВЛ.

Зал для обучения должен быть стилизован под реанимационную палату или операционную, а еще лучше точно повторять их обстановку, включая отделку стен, пола, потолков. Необходимо воспроизвести размеры реального помещения, газовую разводку, освещение, внутрибольничную сеть. Используется медицинская мебель, действующие образцы наркозных аппаратов, респираторов, перфузоров, отсосов с расходными материалами - шприцами, инфузионными системами и т. д. (илл. 11, 12).

Помимо манекена-симулятора имитация пациента дополнительно возможна с вербальным оформлением, используя игру актеров. Манипуляционные составляющие могут быть отработаны как на симуляторе, так, при его отсутствии, и на более простых фантомах. При наличии вивария и соответствующей лицензии могут применяться лабораторные животные. В задачу курсантов входит адаптация к реальной обстановке и аппаратуре, отработка особенностей эксплуатации конкретных приборов и автоматизма в действиях.

На 5-ом уровне реалистичности впервые отрабатывается когнитивное и сенсомоторное взаимодействие в условиях, приближенном к реальному. Характеристики помещения, соответствующие медицинскому учреждению или месту катастрофы, позволяют выработать последовательность перемещения («логистику»), точную моторику движений при использовании инструментария и действующей аппаратуры. Кроме того, происходит налаживание межличностного взаимодействия, обучение работать в команде (бригаде).



Илл. 10. Оработка навыков СЛМР в классе имитации катастроф



Илл. 11. Симуляционная операционная комплектуется действующим медицинским оборудованием



Илл. 12. Палата интенсивной терапии имеет стандартную медицинскую аппаратуру



**6-й уровень** «интерактивный» подразумевает использование роботов-симуляторов высшего класса (например, *iStan* и *HPS* фирмы *METI/CAE Healthcare* или *TestChest* фирмы *AQAI*, Германия).

Отличительной особенностью систем данного класса является взаимодействие (*interactio*) робота с обучаемым без инструктора, поскольку все изменения физиологического состояния рассчитываются компьютером на основе достоверной математической модели, без его вмешательства. При «лечении» робота создается полная иллюзия самостоятельности действий.

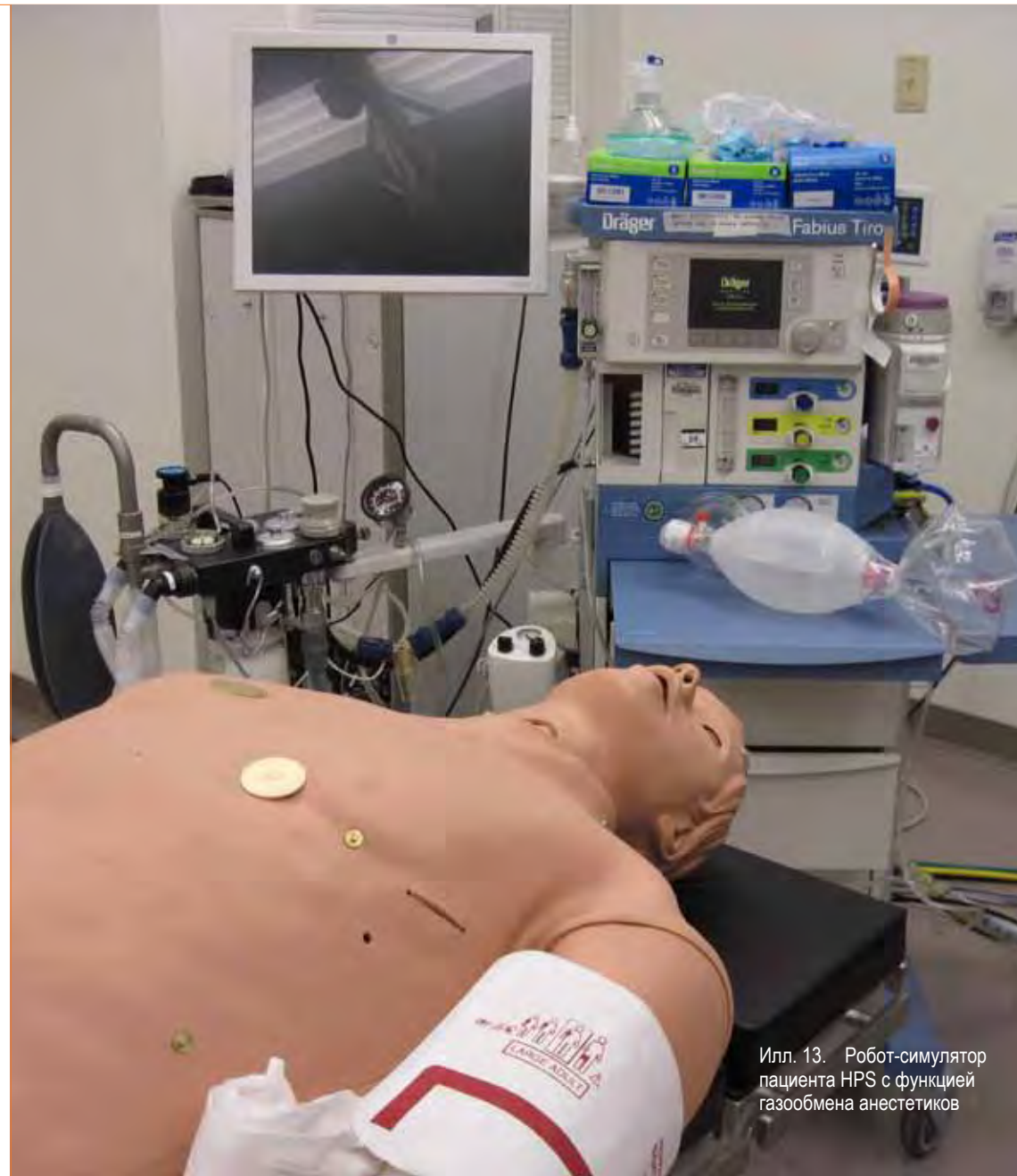
Важно подчеркнуть, что изменения физиологического состояния происходят не «по шаблону», не на основе выбора из «палитры» возможных исходов, а на основе сложного математического расчета, обеспечивающего каждый раз индивидуальную реакцию, зависящую от пола, возраста, веса, сопутствующей патологии виртуального пациента и последовательности введенных лекарств, их комбинации и дозировки (фармакодинамики и фармакокинетики препарата).

Роботы данного класса, как правило, выполнены весьма реалистично, повторяя человека по росту-весовым характеристикам и скелетной структуре, близко передавая анатомическое строение тела. Шея, позвоночник, руки и ноги двигаются с поразительной точностью, покровы на ощупь и внешнему виду напоминают кожу.

Артериальное давление соответствует текущему статусу; аускультативные шумы в легких и сердце имеют большое число вариаций; пульс, давление, электрокардиограмма, шумы - все они синхронизированы друг с другом. В процессе работы можно катетеризировать яремную и подключичные вены. Если резервуары робота заправить имитацией соответствующих жидкостей, то возможна имитация кровотечения, потоотделения, слюноотечения, истечения различных жидкостей из носа и ушей. При имитировании пневмоторакса и гидроторакса выполнение декомпрессии и дренирования автоматически дает положительный клинический эффект.

Уникальной особенностью модели *HPS*, отличающих его от других изделий данного класса, является анестезиологическая опция - во время имитации анестезии он потребляет кислород, выделяет углекислый газ, поглощает закись азота, изофлюран и севофлюран. В симуляционный комплекс при моделировании общей анестезии стандартно интегрируется наркозный аппарат экспертного класса с мониторингом основных газов на вдохе и выдохе (илл. 13).

Важной особенностью является не только возможность определения пульса в билатерально во всех типичных областях, но и регистрация в компьютерном протоколе каждого факта пальпации пульса курсантами. Также в протоколе на шкале в реальном времени автоматически



Илл. 13. Робот-симулятор пациента HPS с функцией газообмена анестетиков

фиксируются и все остальные воздействия на виртуального пациента - от проведения СЛР до введенных лекарств и их дозировок. Важно подчеркнуть, что статус робота можно изменять дистанционно. Его программный комплекс управляется дружественным интерфейсом *MUSE* (илл. 14).

В программе заложены десятки различных клинических сценариев течения болезни: инфаркт миокарда, пневмония, анафилактический шок, передозировка опиатов. При инициации сценария тяжесть течения нарастает в реальном времени без вмешательства инструктора, который однако может вмешаться в любой момент, изменив скорость его течения, симптомы и степень тяжести заболевания.

Имеется обширная фармакологическая библиотека с возможностью ее расширения или редактирования имеющихся препаратов. Назначение тех или иных лекарств отражается на течении патологического процесса, предусматривая в итоге реакции: отсутствие эффекта, улучшение состояния, ухудшение состояния, летальный исход.

Во время обучения курсанты наблюдают на экране прикроватного монитора основные витальные показатели: ЭКГ, артериальное давление, пульсоксиметрия, центральное венозное давление и целый ряд других вплоть до определения повышенного внутричерепного давления (илл. 15).

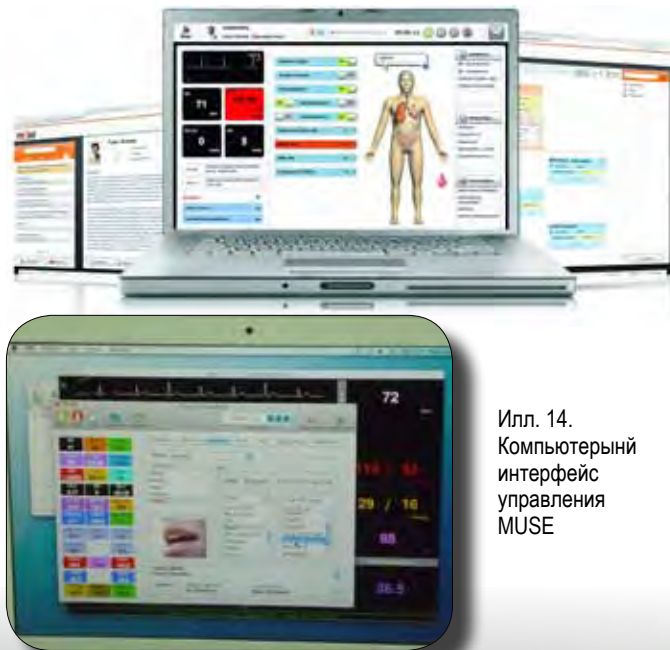
Перед стартом клинического сценария инструктор выбирает подходящего «пациента» - в его истории болезни помимо пола, возраста и веса задана сопутствующая патология, поэтому управляющая математическая модель будет генерировать изменение состояния в ответ на лечебные мероприятия с учетом этих индивидуальных особенностей.

С помощью опции распознавания вводимых лекарственных средств (имитации) и их дозировки осуществляется лекарственная терапия, придавая дополнительный реализм. Препараты вводятся как болюсного, так и капельного с последующей автоматической индивидуальной дозозависимой реакцией. При введении, например, миорелаксанта в зависимости от дозировки и исходного статуса может наблюдаться изменение частоты дыхания вплоть до апноэ, с потерей сознания, сопровождаемой закрыванием глаз, изменением зрачковых рефлексов, гемодинамической реакцией, изменением ритма и остановкой сердца.

При проведении «анестезии» или терапии критического состояния возможно использование не только имитационного, но и стандартных прикроватных мониторов.

В процессе обучения преподаватель (или инструктор) ставит учебную задачу, например, оценить ситуацию, поставить диагноз и стабилизировать состояние пациента, задает клинический сценарий.





Илл. 14.  
Компьютерный  
интерфейс  
управления  
MUSE

Илл. 15.  
Физиологические  
параметры пациента  
на мониторе



Объективной оценкой мастерства обучаемых служит итог их действий - в ходе «лечения» робота может произойти стабилизация состояния, декомпенсация или наступить смерть.

Симуляционный комплекс *TestChest* (Германия) обладает другой уникальной особенностью - физические характеристики его искусственных легких настолько идентичны реальным, что даже самые современные аппараты ИВЛ экспертного класса не могут определить подмену (илл. 16). Объемы дыхательных движений, эластичность, комплаинс - всего около двух десятков показателей - реалистично воспроизводятся как для нормы, так и для патологических состояний. Данная особенность тренажера позволяет использовать его для проведения тренировок по самым современным приемам респираторной терапии, проводить обучение работе на современных дыхательных аппаратах и даже проводить испытания лекарственных средств и медицинской техники без участия пациента.

К преимуществам роботов-симуляторов также можно отнести возможность планового обучения: клинические сценарии создаются в соответствии с тематикой, а их сложность учитывает уровень подготовки.

На 6-ом уровне реалистичности отрабатываются психомоторное и сенсомоторное поведение медработников у постели больного, их взаимодействие между собой и с приглашенными консультантами. Также, что немаловажно, оценивается стресс-устойчивость испытуемых и адекватность действий в отсутствие помощи извне.

Регистрация учебного процесса осуществляется с помощью специализированной системы видеомониторинга, например, *МЕТИВижн*, которая обеспечивает синхронизацию в реальном времени аудио- и видеопотоков с физиологическими параметрами и иными данными симуляционного обучения, что позволяет проводить полноценный структурированный дебрифинг. В связи с этим симуляторы данного уровня реалистичности подходят не только для тренинга,

но и для оценки уровня знаний и умений, квалификации и сертификации специалиста.

**7-й уровень** – «интегрированный». На этом этапе предусмотрено объединение симуляторов высшего класса в единый взаимодействующий комплекс. В качестве примера можно привести операционную, где имитация кровотечения, возникшего во время оперативного вмешательства, приводит к геморрагическому шоку у робота, находящегося в наркозе. Таким образом, в процессе обучения включены анестезиологи и трансфузиологи.

Примером такого интегрированного виртуального комплекса может служить виртуальная симуляционная платформа *ORcamp* высшего седьмого класса, позволяющая проводить командный тренинг по эндохирургии, ортопедии, мини-инвазивной кардиохирургии (илл. 17).

На 7-м уровне реалистичности отрабатываются психо- и сенсомоторика технических и нетехнических навыков, коммуникация, лидерство и управление ресурсами команды (CRM - Crew Resource Management). Рассмотренные этапы реалистичности обучения позволяют сформировать практические навыки и клиническое мышление специалистов, что ведет к совершенствованию профессиональной подготовки медицинских работников и уменьшает число врачебных ошибок.

Илл. 16. Симулятор респираторной терапии *TestChest*



Илл. 16. Виртуальная  
симуляционная  
платформа *ORcamp*





## Виртуальная клиника

Мы предлагаем выделить новый тип учебного подразделения – виртуальную (симуляционную) клинику. На наш взгляд, это и есть искомое недостающее звено, переходный мостик между доклиническим и клиническим этапами обучения.

Учебный процесс в виртуальной клинике имеет ряд особенностей. Работа симуляционного центра зависит не только от комплекта оборудования, но и от организации и менеджмента процесса обучения. Особенно важна структура занятия, которая определяется профессорско-преподавательским составом. Здесь очень многое зависит от личного отношения педагогов к методике симуляционного обучения в медицине.

Для проведения занятий требуются учебные комнаты, оборудованные экранами и мультимедийными проекторами. Оптимальным числом обучающихся в одной группе является 6-8 человек. Обычно продолжительность занятия составляет 6 часов. Симуляционное занятие структурно делится на **7 этапов**:

1. исходное тестирование;
2. брифинг;
3. симуляционный тренинг;
4. дебрифинг;
5. заключительное тестирование;
6. подведение итогов;
7. анонимное анкетирование.

При **исходном тестировании**, которое длится не более 15 мин выявляется уровень подготовки курсантов по проводимой тематике занятия. Это помогает педагогу оценить общий уровень подготовки курсантов, выявить наиболее проблемные вопросы и скорректировать проведение брифинга.

**Брифинг** является важной частью занятия. Педагог излагает теорию разбираемых состояний и заболеваний, методы диагностики и лечения, а также патофизиологическую основу действий курсанта. Лекция, а иногда она приобретает характер дискуссии, сопровождается показом слайдов, демонстрацией фильма. Длительность брифинга варьирует от 30 минут до 1,5 часов и зависит от подготовленности курсантов и сложности темы. Этот вид обучения соответствует I уровню реалистичности.

Далее курсанты проходят в зал, имитирующий палату медицинского учреждения или место происшествия (катастрофы), где их знакомят с симуляционным оборудованием, рассказывают принципы его работы, демонстрируют имеющиеся в их распоряжении расходные материалы и медицинское оборудование, которые могут потребоваться им в процессе работы.

Особенности работы на роботах-симуляторах требуют обсуждения его «анатомо-физиологических»



особенностей: устройство, реакция на лечение, т.е. проведение своеобразной «пропедевтики робота».

Третий этап занятия посвящен непосредственному **симуляционному обучению**. В процессе тренинга происходит отработка манипуляционных навыков на фантомах и манекенах II-III уровня реалистичности. Педагог демонстрирует правильную технику выполнения манипуляции и далее контролирует воспроизведения действий курсантом. После усвоения одного навыка, переходят к следующему. Если манипуляция требует наличия двух исполнителей, например, СЛРМ, то при выполнении непрямого массажа сердца и искусственного дыхания двумя курсантами идет отработка азов командной работы.

После усвоения мануальных навыков переходят к следующему уровню реалистичности (IV), используя более сложные манекены, например, с возможностью симуляции различных нарушений ритма. Объем оказываемой помощи увеличивается: требуется диагностика вида остановки сердца, проведение дефибрилляции, введение лекарственных средств. В этот момент к команде, проводящей СЛРМ, можно подключить третьего члена бригады. Здесь на первый план выходят вопросы взаимодействия внутри коллектива. Как правило, на этом этапе выявляются ведущий и ведомый, и перед педагогом встает задача привить лидерские качества ведомому и научить под-

чиняться ведущего. На V уровне реалистичности используется стандартная медицинская аппаратура и манекены, соответственно, должны быть более высокого класса, позволяющего применять действующее оборудование. Обучаемые получают ценные навыки работы с реальной аппаратурой, подключения ее к газовой разводке, сборки дыхательного контура и т. п.

При отработке навыков действий на **месте происшествия** важно придать тренингу максимальную реалистичность и создать дополнительные факторы психоэмоциональной нагрузки. Курсантов заранее не предупреждают, в каком учебном помещении будет происходить занятие и что их там ожидает, вся обстановка является для них неожиданностью: количество пострадавших, их положение в зале, наличие и ассортимент медицинской аппаратуры. Кроме того, дополнительно на психоэмоциональное состояние курсантов действуют внешние факторы: вой сирены, работающая мигалка, дымовая завеса. На этом этапе мануальные навыки и клиническое мышление курсантов испытывается на месте происшествия в условиях, близких к реальным. Обучающиеся должны продемонстрировать умение в стрессовых условиях правильно оценить обстановку, в том числе и с точки зрения собственной безопасности. Точная постановка диагноза позволит распределить силы команды при оказании помощи.



Ограниченные условия требуют выработки оптимальной эргономики помощи: последовательность диагностических и лечебных мероприятий, перемещение пациента, использование имеющейся в наличии аппаратуры. Здесь у обучающихся особенно отчетливо проявляются лидерские качества (или их отсутствие).

На VI уровне реалистичности используются роботы-симуляторы с достоверной моделью физиологии человека. На данном этапе обучения полноценно отрабатываются не столько мануальные навыки, сколько клиническое мышление.

Каждый клинический сценарий предусматривает поступление уникального больного с его собственным анамнезом, возрастом, весом и набором сопутствующих патологий, утяжеляющих течение основного заболевания.

Курсант проводит лечебные мероприятия в палате, имитирующей приемное отделение или блок ин-

тенсивной терапии. Преподаватель остается в соседнем помещении, и наблюдает за действиями курсантов, оставаясь для них невидимым за зеркальным стеклом с односторонней проводимостью света.

В процессе клинического сценария отрабатываются диагностические и лечебные мероприятия. Сбор анамнеза (у робота есть блок речи, преобразующий голос преподавателя) позволяет выяснить специфику жалоб и сопутствующую патологию. Диагностические мероприятия демонстрируют умение курсанта оценить, например, значение изменения кривой электрокардиограммы: очаговых изменений и нарушений ритма. Лечение может включать не только введение лекарственных средств, но и назначение ингаляции кислорода, плевральное дренирование.

Главная особенность данного этапа – самостоятельная реакция робота на действия курсанта. При назначении кислорода происходит дозозависимое изменение насы-

щения крови, которое отражается на мониторе. А ведение избыточного объема жидкости приводит к развитию левожелудочковой недостаточности с соответствующими изменениями ЭКГ (увеличение депрессии ST), изменениям гемодинамического профиля (тахикардия, снижение артериального давления, увеличение центрального венозного давления и давления заклинивания в легочной артерии) и аускультативной картины (появление влажных хрипов в легких). В задачи курсанта входит правильная диагностика ятрогенного или связанного с болезнью отека легких и назначение лечения. Ответ виртуального пациента будет зависеть от правильности выбранного лечения – объективный фактор и изменений сценария, которые преподаватель может вводить по ходу тренинга (субъективный фактор).

Курсанты, наблюдающие за тренингом из-за стекла, нередко делают выводы быстрее и адекватнее, чем участники основной группы – сказывается отсутствие стресса.



Илл. 17. Мониторинг параметров при анафилактическом шоке



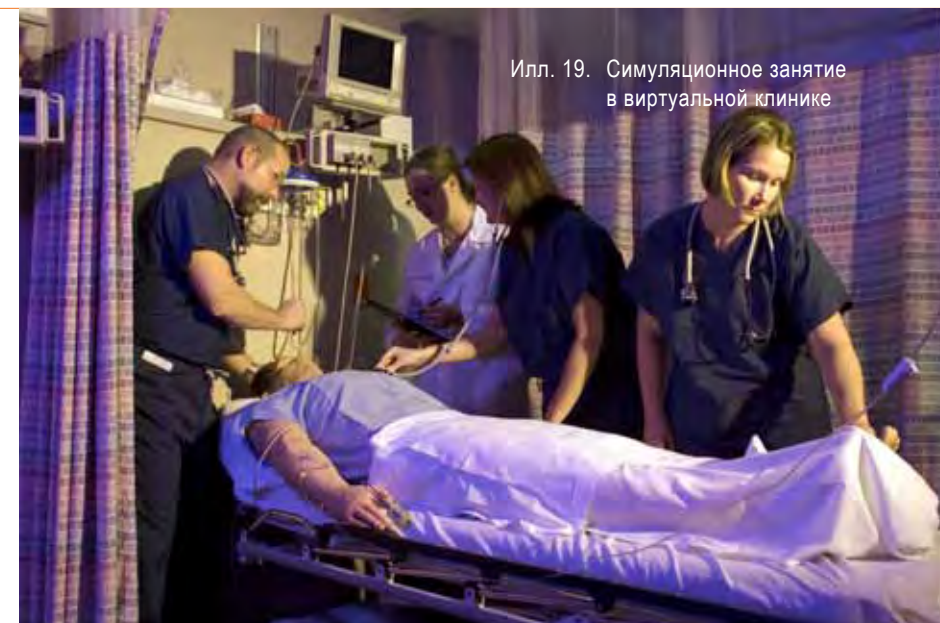
Илл. 18. Реакция робота на введение 1 «ампулы» адреналина внутривенно



Непосредственно после окончания этапа симуляционного тренинга проводится **дебрифинг**. Слово «дебрифинг» широко взято из военной терминологии и обозначает «разбор полетов», процесс, обратный брифингу (англ. briefing – инструктаж). В медицинском симуляционном обучении под дебрифингом понимают анализ учебного процесса, в том числе и на основании серии вопросов, которые задает преподаватель. Его структура построена так, чтобы курсанты сконцентрировались на ключевых вопросах и определили причинно-следственную связь событий.

Дебрифинг проводится в отдельном кабинете. Преподаватель в корректной форме должен охарактеризовать результаты занятия в целом, а также разобрать ошибки и пути их устранения. К этому моменту у курсантов накапливается усталость и их реакция на замечания не всегда объективна. Они могут воспринимать критику как придирижки. Дебрифинг не должен быть монологом преподавателя, скорее это дискуссия, управляемая им с помощью вопросов.

Эффективность дебрифинга повышается при наличии демонстрации видеозаписи проведенного тренинга. Для этого служат специализированные системы, которые синхронизируют видеозапись действий курсантов с назначениями фармпрепаратов и изменениями физиологических параметров робота (например, METVision или LearningSpace). Видеозапись



Илл. 19. Симуляционное занятие в виртуальной клинике



Илл. 20. Этапы практической подготовки врачей



демонстрируется на экране монитора или с помощью экранного проектора. Наличие такой опции позволяет объективизировать процесс обучения и повысить эффективность. Осведомленность курсантов о том, что их действия будут записываться, повышает мотивированность обучения. При просмотре видео врачи сами указывают на неточности в своей работе, чем окончательно закрепляются знания по изучаемой теме, и усваивается процесс оказания помощи в конкретной ситуации.

Мы считаем важным проведение дебрифинга, что подтверждается и данными мировой литературы. Так, Salvoldelli G.L. с соавт. доказали, что проведение дебрифинга значительно повышает эффективность симуляционного занятия по кризисным ситуациям в анестезиологии [15]. В другом исследовании было установлено, что включение дебрифинга в симуляционное обучение анестезиологов повышало эффективность обучения, а также длительность сохранения курсантами полученных знаний и навыков [10].

Обязательным является и заключительное **тестирование**, которое полезно не только курсантам, чтобы оценить свои успехи и промахи, но и педагогам. Также весьма ценными могут быть результаты **анкетирования**; впрочем, большинство курсантов, как правило, оценивают пройденный курс позитивно и изъявляют желание продолжить симуляционное обучение.

## Командный тренинг

При подготовке врачей анестезиологов-реаниматологов важная роль отводится отработке командного взаимодействия, так называемым **нетехническим навыкам**. Обычно чтобы «притереться» друг к другу, узнать слабые и сильные стороны каждого, научиться понимать друг друга без слов необходима длительная совместная работа членов команды. Для нашей специальности такой поход не является оптимальным, поскольку постоянство команды трудновоспроизводимо. При urgentных ситуациях резко возрастает риск ухудшения ожидаемого результата из-за случайного сочетания врачей и среднего медперсонала. Причиной большинства несчастных случаев (70-80 %) является проявление человеческого фактора или совокупности так называемых нетехнических навыков [13].

Нетехнические навыки подразделяются на когнитивные и социальные. К **когнитивным** относятся навыки сбора информации, правильная оценка полученной информации, прогнозирование развития событий, принятия решений, обзор вариантов, взвешивание риска. В группу **социальных** входят навыки межличностной коммуникации, умение доносить информацию и получать ее, командная работа, умение и готовность к ассистенции, координация, распределение полномочий, лидерство, планирование, расстановка приоритетов, оценка временного фактора.

Иногда в отдельную группу также выделяют способность управлять стрессом, оценка значимости фактора усталости и т.п.

Симуляционные технологии позволяют в наилучшей степени отработать командный метод работы. К формированию команды логично приступить после усвоения теоретического материала и практических навыков, когда уровень «технической» подготовки уже не вызывает сомнений.

Для отработки командного взаимодействия следует использовать оборудование V, VI и VII уровней реалистичности. Тренинг на роботах-симуляторах позволяет оценить исходный уровень командной работы и значительно его повысить в процессе обучения. В исследовании, проведенном на симуляторах при моделировании травматического шока, доказано достоверное возрастание командного мастерства в процессе тренинга [9].

Перед началом работы обычно распределяется роль каждого участника и его обязанности. Сначала на роль лидера назначается человек с лидерскими качествами, проявившимися на предыдущих уровнях обучения. После отработки взаимодействия происходит смена ролей. Здесь часто встречаются трудности: неуверенность «назначенного» лидера и желание ему помочь истинного, что обычно требует внесения корректив по ходу их совместной работы.

## Заключение

Работа симуляционного центра зависит не только от набора оборудования, но и от организации процесса обучения и менеджмента центра. Особенно важным является структура занятия, которая определяется профессорско-преподавательским составом согласно утвержденным программам. Здесь очень многое зависит от личного отношения педагогов к симуляционным методикам обучения.

В настоящий момент мы говорим об инновационном этапе методологии подготовки анестезиологов и реаниматологов - симуляционном обучении в виртуальной клинике. Это важное звено между доклиническим и клиническим этапами обучения (илл. 20).

Первые важные шаги в этом направлении уже сделаны и симуляционное обучение становится важным этапом практической подготовки врачей в Российской Федерации (Л.К. Мошетова, 2013).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габа Д. М., Фиш К. Дж., Хауард С. К. Критические ситуации в анестезиологии: Пер. с англ. — М.: Медицина, 2000. - 440 с.
2. Горшков М.Д., Федоров А.В. Классификация по уровням реалистичности оборудования для обучения эндохирургии. // Виртуальные технологии в медицине. — 2012. - №1. — С. 35-39.
3. Горшков М.Д., Федоров А.В. Классификация симуляционного оборудования. // Виртуальные технологии в медицине. — 2012. - № 2. — С. 21-30.
4. Евдокимов Е.А., Лихванцев В.В. «Ошибки, опасности и осложнения общей анестезии», М. «Гэотар», Национальное руководство по анестезиологии» под ред. А.А. Бунятяна, В.М. Мизикова, 2012, глава 29.
5. Ерофеев В.В., Евдокимов Е.А., Власенко В.И., Осипов С.А., Балякина Г.К. Симуляционные технологии в подготовке врачей по Федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения», Материалы 1-ой Всероссийской конференции по симуляционному обучению в медицине критических состояний с международным участием, М. Ноябрь 2012, НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, Стр. 51-53
6. Пасечник И.Н., Скобелев Е.И., Алексеев И.Ф., Блохина Н.В., Липин И.Е., Крылов В.В. Роль современных симуляционных технологий в подготовке анестезиологов-реаниматологов с учетом пропедевтики и квазифизиологических особенностей роботов-симуляторов. Тезисы докладов. 1-я Всероссийская конференция по симуляционному обучению в медицине критических состояний с международным участием, 1 ноября 2012, М., - С. — 73-77.
7. Cooper J.B. Taqueti V.R. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. // Postgrad. Med. J. — 2008. — Vol. 84. — P. 563-570.
8. Hallikainen H., Väisänen O., Randell T. et al. Teaching anaesthesia induction to medical students: comparison between full-scale simulation and supervised teaching in the operating theatre. // Eur. J. Anaesth. — 2009. — Vol. 26. — P. 101-104.
9. Holcomb J.B., Dumire R.D., Crommett J.W. et al. Evaluation of trauma team performance using an advanced human patient simulator for resuscitation training. // J. Trauma. — 2002. — Vol. 52. — P. 1078-1085.
10. Morgan P.J., Tarshis J., LeBlanc V. et al. Efficacy of high-fidelity simulation debriefing on the performance of practicing anaesthetists in simulated scenarios. // Br. J. Anaesth. 2009. — Vol. 103. — P. 531-537.
11. Murin S., Stollenwerk N.S. Simulation in procedural training: at the tipping point. // Chest. - 2010. — Vol. 137. P. 1009-1011.
12. Okuda Y., Bond W., Bonfante G. et al. National growth in simulation training within emergency medicine residency programs, 2003-2008. // Acad. Emerg. Med. - 2008. — Vol. 15. — P. 1113-1116.
13. Reason J.T. // Human Error. — Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
14. Rodgers D.L., Securo S. J., Pauley R.D. The effect of high-fidelity simulation on educational outcomes in an advanced cardiovascular life support course. // Simul. Healthc. — 2009. — Vol. 4. — P. 200-206.
15. Savoldelli G.L., Naik V.N., Park J. et al. Value of debriefing during simulated crisis management: oral versus video-assisted oral feedback. // Anesthesiology. - 2006. - Vol. 105. — P. 279-285.