

гии требует серьезных финансовых вложений. Для того чтобы клиники смогли обмениваться данными пациентов внутри одной страны, нужно создать общую сеть, и обеспечить в медучреждениях более высокий уровень кибербезопасности и дополнительно обучить персонал.

### ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭПИДУРАЛЬНЫЙ СИМУЛЯТОР

Кулигин А.В., Суетенков Д.Е., Мареев О.В., Мареев Г.О., Зворыгина Ю.С., Данилова Т.В., Мантуров А.О., Алайцев И.К.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И.Разумовского», Саратов

#### Актуальность

Формирование соответствующих компетенциям практических навыков - основная задача современного медицинского образования. Важнейшими практическими навыками являются манипуляции по проведению спинномозговой пункции и эпидуральной анестезии. Эти методики связаны с доступом в пространство позвоночного канала через мягкие ткани спины и промежутки между позвонками, затянутае прочными связками и широко используются в хирургии при операциях на нижних конечностях, брюшной полости, органах таза, при родах, кесаревом сечении; спинномозговая пункция используется врачами различных специальностей. Обучиться этим манипуляциям можно на трупном материале ( в настоящий момент малодоступно); на фантомах; непосредственно на самих больных. Для фантомов необходимы расходные материалы что ограничивает их использование в учебном процессе.

На современном уровне можно реализовать такой симулятор, перенося манипуляции в виртуальное пространство с симуляцией тактильных ощущений. Для проверки нашей идеи мы создали прототип предлагаемого нами аппаратно-программного комплекса. Для создания тактильных ощущений нами используется специальное устройство с тактильной обратной связью. При выполнении пункции устройство с тактильной обратной связью создает сопротивление, соответствующее биомеханике послыного прокола тканей в выбранной для пункции точке модели спины, что визуально можно наблюдать на дисплее. В мире не существует виртуального симулятора спинномозговой пункции и эпидуральной анестезии, позволяющего создать достаточно точные тактильные ощущения, возникающие при послыном прохождении массива тканей спины, с объективным контролем за действиями обучающегося, что определяет актуальность нашей работы.

#### Цель

Разработка концепта виртуального симулятора, позволяющего выполнять процедуры, связанные с проведением эпидуральной анестезии и люмбальной пункции в пространстве виртуальной реальности с имитацией тактильных ощущений.

#### Результаты

Созданный нами виртуальный эпидуральный симулятор позволяет выполнить процедуры, связанные с проведением эпидуральной анестезии и спинномозговой пункции в виртуальном пространстве. Прототип предлагаемого нами аппаратно-программного комплекса должен выполнен нами на базе устройства с тактильной обратной связью, доработанного соответствующим образом и установленного в общий корпус, имеющий выход на компьютер с дисплеем (ноутбук). Изображение спины в виде трехмерной послыной ее модели можно увидеть в стереоскопическом изображении на дисплее. Для создания тактильных ощущений нами используется специальное устройство с тактильной об-

ратной связью, к которому присоединена специальная насадка со шприцом и павильоном пункционной иглы, которая соединена трубкой с поршневым насосом и датчиком давления. При выполнении пункции устройство с тактильной обратной связью создает сопротивление, соответствующее биомеханике послыного прокола тканей в выбранной для пункции точке модели спины, что визуально можно наблюдать на дисплее. Поршневой насос создает в системе АПК необходимое давление, регулируемое датчиком и микроконтроллером, имитируя потерю сопротивления при надавливании на поршень шприца при попадании в эпидуральное пространство или спинномозговое пространство. Для тестирования нами создана упрощенная трехмерная низкополигональная модель тканей спины человека, а также начато создание послыной трехмерной модели спины человека на основании данных компьютерной томографии. ПО симулятора должно быть способно к воспроизведению различного типа заданий по симуляции как спинномозговой пункции с истечением жидкости из павильона иглы при попадании в спинномозговое подпаутиноое пространство, так и эпидуральной анестезии с имитацией явления LOR (loss of resistance, потеря сопротивления) путем создания адекватного давления в системе поршневой насос-шприц при выполнении симуляционного задания. ПО должно автоматически проводить оценку манипуляций и по прохождении курса тестовых заданий выдавать характеристику усвоения практических навыков эпидуральной анестезии и спинномозговой пункции обучающимся.

Пользователь может выбирать место выполнения укола, позу виртуального пациента, управлять положением и ориентацией иглы. В режиме обучения имеется возможность изменения прозрачности тканей для изучения анатомии и наблюдения за прохождением иглы через ткани. Управление положением точки обзора, выбор заданий и другие взаимодействия производятся через тач-интерфейс.

В процессе работы симулятор обеспечивает возможность выполнения эпидурального прокола. При выполнении эпидурального прокола пользователь должен прикладывать усилия, сопоставимые с таковыми при выполнении реальной манипуляции. При прохождении слов различных тканей и связок создается соответствующее тактильное ощущение прокола, при попадании иглы в кость дальнейшее её движение невозможно.

Помимо усилия, необходимого для продвижения иглы, пользователь может ощущать давление воздуха или жидкости (физ. раствора) в шприце, что позволяет отрабатывать технику определения попадания в эпидуральное пространство по потере сопротивления.

В случае прокола арахноидальной мозговой оболочки имитируется вытекание ликвора, что свидетельствует об успешном выполнении люмбальной пункции либо об ошибке выполнения эпидуральной анестезии в зависимости от задания.

#### Выводы

Таким образом, нами впервые предложен виртуальный симулятор для отработки навыков эпидуральной анестезии, имеющий следующие преимущества над имеющимися аналогами: не требует расходных материалов; имеет достаточную реалистичность тактильной симуляции и высокое обучающее значение ввиду возможности создания трехмерных изображений с прозрачной структурой, наглядно иллюстрирующих действия обучающегося; обладает возможностью создания и использования различных моделей анатомической области спины, отражающих варианты нормального и патологического строения этой области