

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ОБУЧЕНИИ АУСКУЛЬТАЦИИ

Доценко Э. А.¹, Шолжова М. В.¹, Новикова Т. П.¹, Хвощевская Г. М.¹,
Василявичуте И.¹, Захаренко Е. В.¹, Полякова Е. О.¹, Морозов А. В.², Макаревич П. В.²,
Лисовец А. С.²

¹Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь;
²Proven Solution, г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. Распознавание звуков при аускультации легких и сердца является одним из основных навыков врача при обследовании пациента. Обучение в виртуальной реальности (VR) можно использовать в областях медицинского образования.

Целью проекта было сравнение эффективности обучения аускультации легких и сердца с использованием традиционных методов обучения и технологий виртуальной реальности.

Обучение аускультации проводилось с помощью гарнитуры Oculus Quest 2 с программным обеспечением, позволяющим проводить аускультацию сердца и легких с помощью виртуального стетоскопа. В исследовании приняли участие 77 студентов 3-го курса лечебного факультета. Студенты были разделены на две группы: группа студентов, обучавшихся в VR ($n = 28$), и группа сравнения — студенты, обучавшиеся без использования VR ($n = 49$).

При оценке узнавания легочных звуков сразу после окончания обучения оказалось, что обучающиеся в VR студенты распознавали звуки лучше, чем студенты группы сравнения (54,5 против 38,3 %), $p = 0,017$. Распознавание тонов сердца в группе виртуальной реальности было немного лучше по сравнению с группой сравнения (44,5 % против 36,8 %), $p > 0,05$.

При контроле выживаемости знаний по аускультации сердца и легких, который проводился через 3 месяца после окончания обучения аускультации, оказалось, что при распознавании легочных звуков студенты группы сравнения показали несколько лучшие результаты (41,7 % против 36,9 % в группе VR). При аускультации сердца ситуация была обратной: группа протокола VR распознавала звуки в 56,1 % случаев против 25,4 % в группе сравнения ($p < 0,001$).

Ключевые слова: медицинское образование, аускультация, виртуальная реальность.

Введение. Применение симуляционных технологий в медицине и медицинском образовании имеет долгую историю. Манекены, макеты и тренажеры позволяют студентам обучаться различным медицинским навыкам без риска для пациента.

В последнее десятилетие активно развивается новое направление в медицинском образовании — симуляторы в виртуальной реальности. Виртуальная реальность используется при обучении общению с пациентами [1], анатомии [2], при приеме объективного структурированного клинического экзамена [3] и др.

Распознавание звуков при аускультации легких и сердца относится к фундаментальным навыкам врача при непосредственном обследо-

вании пациента. Обучение навыкам аускультации подразумевает овладение техникой проведения аускультации, навыками распознавания выслушанного звука и умения классифицировать последний в соответствии с общепринятой номенклатурой.

Классический подход к обучению аускультации предусматривает освоение теоретического материала (включая работу на симуляторах) и затем работу у постели больного. В последнем случае мы сталкиваемся с рядом проблем, которые затрудняют обучение: наличие в клинике пациента с тематической патологией, этические проблемы (согласие пациента на обследование студентом, высокое соотношение числа студенты: пациент, кратковременность выполнения мани-

пуляции (может быть обусловлено тяжестью состояния пациента, отказом пациента от сотрудничества). Кроме того, с 2020 г. серьезные ограничения накладывала пандемия COVID-19 [4].

Оптимально, когда студент приходит к пациенту, уже обладая минимальными навыками распознавания звуков. Иными словами, чтобы он мог сопоставить выслушанные звуки с той коллекцией звуков, которая находится у него в памяти.

Эффективность применения симуляционных технологий при подготовке студента-медика активно исследуется. Например, метаанализ [5], включает 13 работ, где симуляционные технологии использовались в качестве дополнительных к традиционным (у постели), средств обучения. Авторы делают вывод, что симуляционные технологии важны в подготовке студента-медика, однако сегодня можно говорить лишь о трендах к более высокой эффективности симуляционных технологий по сравнению с традиционными методами обучения.

Следует отметить, что исследование эффективности симуляционных технологий касается также оценки удовлетворенности студентов обучением [4].

Цель работы — сравнение эффективности обучения аускультации легких и сердца с использованием традиционных методов обучения и технологий виртуальной реальности.

Материалы и методы. *Технология виртуальной реальности (VR).* Для обучения аускультации применялась гарнитура виртуальной реальности Oculus Quest 2 с программным обеспечением, позволяющим проводить аускультацию сердца и легких с использованием виртуального стетоскопа (Proven Reality, Республика Беларусь, Минск).

Гарнитура Oculus Quest 2 имеет следующие характеристики: разрешение дисплея 1832×1920 на каждый глаз, частота обновления 90 Гц, оперативная память 6 ГБ, угол обзора 1000. Изображение адаптируется к движениям пользователя. Виртуальная реальность имеет технологию 3600 видео, студент максимально погружен в визуальное изображение, все отвлекающие факторы исключены. Два сенсорных контроллера в виртуальной реальности выглядят как реалистичные руки и синхронизируются с положением рук и основными движениями кистей, представленные на рисунке (а, б). Oculus Quest 2 имеет позиционный звук, источник звука встроен непосредственно в гарнитуру.

В условиях виртуальной реальности воссозданы условия врачебного кабинета с присутствующим виртуальным пациентом (мужчина или женщина) студент имеет возможность самостоятельно выполнять действия, необходимые при выслушивании легких и сердца. Несколько особенностей, на которые следует



а

б

Рисунок — Вид пациента в виртуальной реальности:

а) изображение пациента, которое видит студент; б) Экран монитора преподавателя с изображениями четырех точек доступа

обратить внимание: 1) преподаватель на мониторе центрального компьютера видит действия студента и имеет возможность их скорректировать; 2) в режиме обучения студент видит интерактивное меню, в котором может выбрать определенный звук со справочной информацией, в режиме экзамена студент не видит меню и не знает, какие звуки выслушивает; 3) студенты работают в паре — один студент занимается собственно аускультацией, второй — обеспечивает безопасность перемещения оператора по помещению.

Дизайн исследования. Исследование проведено на кафедре пропедевтики внутренних болезней УО «Белорусский государственный медицинский университет». В исследование было включено 77 студентов 3-го курса лечебного факультета, изучающих дисциплину «Пропедевтика внутренних болезней». Студенты были разделены на две группы: группа студентов, которые занимались в виртуальной реальности (Протокол VR, virtual reality, $n = 28$), и группа сравнения студенты, которые занимались без использования виртуальных технологий (Про-

токол CS, classic scenario, $n = 49$) (таблица 1). Исследование продолжалось на протяжении семестра.

У всех участников брали информированное согласие на участие в эксперименте. В соответствии с учебным планом для изучения методов обследования пациентов с заболеваниями органов дыхания отведено 14 ч, для изучения методов обследования пациентов с заболеваниями органов кровообращения — 14 ч.

Аналогичным образом применен Протокол VR и Протокол CS для обучения аускультации сердца.

Как правило, при первом знакомстве с гарнитурой студентам требовалось определенное время для освоения (часто это время было меньше, чем время адаптации преподавателей). Уже на втором занятии студенты легко и непринужденно пользовались гарнитурой.

Легочные звуки были классифицированы в соответствии с [7], звуки сердца — [8]. Звуки легких и сердца включали в Протоколы VR и CS, соответственно, после согласованной оценки тремя экспертами (таблица 2).

Таблица 1 — Содержание протоколов обучения

Номер занятия	Длительность, ч	Протокол VR	Протокол CS
		Содержание занятия	
1	3,5	Теоретические основы аускультации легких. Техника работы в виртуальной реальности	Теоретические основы аускультации легких. Техника работы с симуляторами
2	3,5	Изучение аускультации легких в виртуальной реальности	Изучение аускультации легких на симуляторах
3	3,5	Изучение аускультации легких в виртуальной реальности	Изучение аускультации легких на симуляторах и у постели больного
4	3,5	Контроль	Контроль

Таблица 2 — Дыхательные шумы и звуки сердца в Протоколах VR и CS

Звуки	Количество вариантов
<i>Дыхательные шумы</i>	
Нормальное везикулярное дыхание	3
Крепитация	3
Влажные хрипы	3
Сухие хрипы	3
Шум трения плевры	3
<i>Тоны сердца</i>	
Нормальные тоны* (Верхушка/Аорта)	2/2
Систолический шум** (Верхушка/Аорта)	2/2
Диастолический шум** (Верхушка/Аорта)	2/2

* Распознавание точки выслушивания;

** учитывали только распознавание шума безотносительно точки выслушивания.

Контрольные точки. Эффективность обучающих технологий оценивали как количество распознанных звуков при выслушивания студентами контрольных аудиозаписей звуков легких и сердца.

Для контроля аускультации легких записано 5 звуковых дорожек, каждая из которых содержала 4 различных дыхательных шума, для контроля аускультации сердца сформировано 5 звуковых дорожек, каждая из которых содержала 4 различных звука (тона или шума). Для итогового контроля записано 5 звуковых дорожек, каждая из которых содержала 6 различных звуков: 3 дыхательных звука и 3 сердечных звука. Студентам предлагали записать названия выслушанных звуков после двукратного выслушивания. Все контрольные звуковые дорожки были разными для исключения распространения информации, поскольку тестирование проводили не одновременно.

Контрольные точки: 1) непосредственно после обучения; 2) через 3 месяца после обучения. Аудирование производилось через наушники с использованием ноутбука.

Исследование проводилось в период пандемии COVID-19, и у ряда студентов, принимающих участие в проекте, возникала необходимость самоизоляции на момент прохождения контрольных точек распознавания звуков. В связи с этим их результаты не учитывались.

Анкетирование студентов. Студентам было задано несколько вопросов, позволяющих оценить их отношение к методу обучения в виртуальной реальности. Ответы оценивали по модифицированной шкале Ликерта (1–10), от «полностью неудовлетворен» до «полностью удовлетворен»:

1. Использовали ли вы ранее очки виртуальной реальности?

2. Насколько вы удовлетворены обучением с использованием технологии виртуальной реальности?

3. Насколько просто было начать обучение во время первого занятия?

Статистический анализ. Статистическая обработка проводилась при помощи программы Statistica 10. При анализе данных с распределением, отличным от нормального, использовалась медиана (Me) и межквартильный интервал [Q25; Q75], для сравнения данных применялись непараметрические статистические методы. Статистически значимыми считались различия данных при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. *Аускультация легких.* При выслушивании контрольных записей легочных звуков непосредственно после окончания обучения оказалось (таблица 3), что студенты, обучавшиеся в условиях виртуальной реальности, распознали звуки несколько лучше, чем студенты, обучавшиеся по обычным технологиям (54,5 % против 38,3 %, $p = 0,017$). Вместе с тем влажные хрипы в группе ВР распознавались существенно хуже, а сухие — намного лучше.

Аускультация сердца. Эффективность распознавания звуков сердца непосредственно после обучения представлена в таблице 4. В целом узнавание звуков в группе протокола VR было несколько лучше по сравнению с группой протокола CS (44,5 % против 36,8 %), однако различия не достигали уровня статистической значимости.

Выживаемость распознавания звуков через 3 месяца. При итоговом контроле выживаемости знаний по аускультации сердца и легких, который проводился через 3 месяца после окончания изучения аускультации, оказалось, что долговременные результаты были лучше в группе виртуальной аускультации (таблица 5). Надо обратить внимание на низкий уровень выживаемости распознавания звуков — практически 50 % и ниже. Мы полагаем, что

Таблица 3 — Контроль звуков легких

Звук	Протокол VR ($n = 24$)			Протокол CS ($n = 45$)			p
	узнали	не узнали	процент узнавания	узнали	не узнали	процент узнавания	
Везикулярное дыхание	5	15	25,0	8	30	21,1	0,991
Бронхиальное дыхание	10	4	71,4	12	14	33,3	0,230
Влажные хрипы	5	14	26,3	18	17	51,4	0,135
Сухие хрипы	18	5	78,3	17	28	37,8	0,004
Шум трения плевры	6	4	60,0	6	14	30,0	0,236
Крепитация	8	2	80,0	8	8	50,0	0,265
Итого	52	44	54,2	69	111	38,3	0,017

Таблица 4 — Контроль звуков сердца

Звук	Протокол VR (<i>n</i> = 28)			Протокол CS (<i>n</i> = 47)			р
	узнали	не узнали	% узнавания	узнали	не узнали	% узнавания	
Нормальные тоны	39	52	42,9	51	109	31,9	0,108
Систолический шум	10	7	58,8	18	12	60,0	0,818
Диастолический шум	4	7	36,4	8	10	44,4	0,968
Итого	53	66	44,5	77	131	36,8	0,223

Таблица 5 — Контроль звуков легких и сердца

Звук	Протокол VR (<i>n</i> = 28)			Протокол CS (<i>n</i> = 48)			р
	узнали	не узнали	процент узнавания	узнали	не узнали	процент узнавания	
<i>Звуки легких</i>							
Везикулярное дыхание	1	10	9,1	7	20	25,9	0,430
Бронхиальное дыхание	5	6	45,5	8	13	38,1	0,112
Влажные хрипы	8	6	57,1	12	15	44,4	0,103
Сухие хрипы	12	18	40,0	20	20	50,0	0,096
Шум трения плевры	4	8	33,3	6	11	35,3	0,297
Крепитация	1	5	16,7	7	5	58,3	0,034
Итого звуки легких	31	53	36,9	60	84	41,7	<
<i>Звуки сердца</i>							
Нормальные тоны	24	4	85,7	20	28	41,7	<
Систолический шум	7	11	38,9	6	24	20,0	0,276
Диастолический шум	6	14	30,0	3	33	8,3	0,083
Дополнительные тоны	12	6	66,7	7	23	23,3	0,005
Итого звуки сердца	49	35	56,1	36	108	25,4	<

это связано с отсутствием ежедневного аускультативного тренинга у студентов. Аускультативный навык требует ежедневной тренировки: даже у опытных врачей после длительного отсутствия в клинике требуется некоторое время для его восстановления.

При распознавании легочных звуков студенты протокола CS продемонстрировали лучшие результаты (41,7 % против 36,9 % для протокола VR, $p < 0,001$). Необычно, но везикулярное дыхание (норма) распознавалось плохо, причем группа протокола VR значительно хуже узнавала нормальное везикулярное дыхание — только 9,1 % студентов, в то время как в группе протокола CS — 25,9 %. Сходная ситуация была и в отношении распознавания крепитации. Бронхиальное дыхание и влажные хрипы студенты протокола VR распознавали лучше.

При аускультации сердца ситуация была обратной: группа протокола VR распознала звуки в 56,1 % случаев, против — 25,4 % в группе протокола CS ($p < 0,001$).

Интересно, что, если распознавание контрольных звуков сердца сразу после обучения было сопоставимо в обеих группах, то через 3 месяца студенты протокола VR узнавали звуки сердца более чем в 2 раза лучше, чем в группе протокола CS.

Таким образом, в целом через 3 месяца после обучения аускультации студенты, обучавшиеся в виртуальной реальности, распознавали звуки лучше, чем студенты, обучавшиеся по обычным технологиям. Некоторые звуки распознаются лучше после обучения в VR, другие — после обучения с помощью обычных технологий, но такая неоднородность может быть связана с небольшой выборкой студентов.

Анкетирование студентов. Проанкетировано 28 студентов, использовавших виртуальную реальность в процессе обучения аускультации легких и сердца. Студенты при работе в виртуальных очках проявляли высокую заинтересованность и мотивацию. Ранее 18 (64,3 %) студента не имели опыта работы с гарнитурами вирту-

альной реальности, такой опыт имели только 10 (35,7 %) студентов. Вместе с тем ни один из студентов не отметил существенных трудностей в использовании оборудования: в большинстве у студентов не возникало вопросов с началом использования технологии, по 16 человек (57,1 %) поставили баллы 9 и 10. Большинству студентов ($n = 15$, 53,6 %) потребовалось всего одно занятие для овладения гарнитурой. Еще 10 студентам (35,7 %) потребовалось два занятия, всего 3 студентам (10,7 %) потребовалось более двух занятий.

Среднее значение удовлетворенности (по 10-балльной шкале) технологией виртуальной реальности было высоким — 8,74, минимальное значение удовлетворенности составило 5 баллов, максимальный показатель удовлетворенности (10 баллов) отметили 10 студентов (32,1 %).

В качестве преимуществ использования виртуальной реальности студенты упоминали возможность использования во время эпидемий, когда доступ к пациентам затруднен (14,3 %), усвоение изученного материала было легче, за счет «реальности» условий (14,3 %); 7 студентов (25,0 %) отметили, что нет неудобств по сравнению с работой с реальным пациентом и достаточно времени на проведение аускультации у каждого студента.

Заключение. Аускультация считается сложным навыком физикального обследования: даже врачи, имеющие определенный клинический опыт, сталкиваются со значительными трудностями. Клиническая эффективность аускультации во многом зависит от усвоения базового материала и постоянной тренировки во время практической работы. Наши данные показывают, что времени, отпущенного студентам младших курсов на изучение аускультации, явно недостаточно. Такого же мнения придерживаются и исследователи из других университетов. Так, в исследовании S. Perlini с соавт. [9] студенты 3-го курса смогли распознать только 11 % сердечных звуков, однако после обучения на манекенах-симуляторах частота распознавания сердечных звуков резко возросла — до 72 %.

Вместе с тем наши данные предполагают, что технологии VR не уступают в эффективности обучения уже имеющимся. Преимущества виртуальной реальности состоят в возможности максимально имитировать обстановку врачебного кабинета, его оборудование, действия врача при проведении физикального исследования и т. д. Иными словами, студент получает возможность для распознавания звуков не только слуховой анализатор, но и визуальный и тактильный, что позволяет повысить степень запоминания звуков. Кроме того, технологии виртуальной реальности вызывают повышенный интерес у студентов. Существенным преимуществом технологий VR является эргономичность оборудования: станция может быть развернута практически в любом помещении, основным условием является соблюдение тишины.

Важной особенностью виртуальных технологий является их гибкий характер. По нашему желанию, мы можем не только добавлять (изменять) звуки, но и расширять области применения виртуальной модели (например, изменять внешний вид пациента) без дополнительного оборудования.

Некоторые ограничения виртуальная аускультация все же имеет. Из минусов технологии на данном этапе можно отметить трудности работы в очках виртуальной реальности человеку, который имеет нарушения зрения и пользуется очками для постоянного ношения (от неудобства из-за несоответствия размеров гарнитуры и очков до головной боли). Студентам, которые носят очки эпизодически, мы рекомендовали в день занятий использовать контактные линзы. Время, которое неподготовленный человек может провести в виртуальной реальности, сравнительно небольшое (по нашим данным, через 10–20 минут студенты устают и необходима смена деятельности).

Очевидно, что к полученным нами данным следует относиться с осторожностью, поскольку выборка студентов была небольшой. Мы рассматриваем данный проект как пилотный, что позволит в перспективе провести большое, грамотно организованное клинико-педагогическое исследование.

Список цитированных источников

1. Dyer, E. Using virtual reality in medical education to teach empathy / E. Dyer, B. J. Swartzlander, M. R. Gugliucci // *J. Med. Libr. Assoc.* — 2018. — Vol. 106, № 4. — P. 498–500.
2. Erolin, C. Interactive 3D Digital Models for Anatomy and Medical Education // *Adv. Exp. Med. Biol.* — 2019. — Vol. 1138. — P. 1–16.
3. Ataro, G. Experience and Challenges of Objective Structured Clinical Examination (OSCE): Perspective of Students and Examiners in a Clinical Department of Ethiopian University / G. Ataro, S. Worku, T. Asaminew // *Ethiop. J. Health. Sci.* — 2020. — Vol. 30, № 3. — P. 417–426.

4. Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. / N. Ryllmann [et al.] // *GMS. J. Med. Educ.* — 2020. — Vol. 37, №7. — P. 102.
5. Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis. / J. McKinney [et al.] // *J. Gen. Intern. Med.* — 2013. — Vol. 2. — P. 283–291.
6. Respiratory Auscultation Lab Using a Cardiopulmonary Auscultation Simulation Manikin [Electronic resource] / J. Kaminsky [et al.] // *MedEdPORTAL*. — 2021. — Vol. 17. — P. 11107. — Mode of access: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33768144/>. — Date of access: 20.02.2022.
7. Towards the standardisation of lung sound nomenclature / H. Pasterkamp [et al.] // *Eur. Respir. J.* — 2016. — Vol. 47, №3. — P. 724–732.
8. Seen, Y. Classification of Heart Sound Signal Using Multiple Features / Y. Seen, G.-Y. Son, S. Kwon // *Applied Sciences*. — 2018. — Vol. 8, №12. — P. 2344.
9. Simulation-guided cardiac auscultation improves medical students' clinical skills: the Pavia pilot experience. / S. Perlini [et al.] // *Intern. Emerg. Med.* — 2014. — Vol. 9, №2. — P.165–172.

Virtual reality in teaching auscultation

*Dotsenko E. A.¹, Sholkava M. V.¹, Novikova T. P.¹, Hvaschevskaja G. M.¹,
Vasiliavichute I.¹, Zakharenko L. V.¹, Poliakova E. O.¹, Morozov A. V.², Makarevich P. V.²,
Lisavets A. S.²*

¹*Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus;*

²*Proven Solution, Minsk, Republic of Belarus*

Recognition of sounds during auscultation of the lungs and heart is one of the fundamental skills of the doctor in direct examination of the patient. Virtual reality (VR) training can be used in areas of medical education.

The aim of the project is to compare the effectiveness of lung and heart auscultation training using traditional teaching methods and virtual reality technologies.

Auscultation was taught using the Oculus Quest 2 headset with software that allows auscultation of the heart and lungs using a virtual stethoscope. The study included 77 students studying clinical medicine. The students were divided into 2 groups: a group of students who studied in VR ($n = 28$), and a comparison group - students who studied without using VR ($n = 49$).

When listening to the control records of lung sounds immediately after the end of training, it turned out that students trained in virtual reality recognized sounds better than students in comparison group (54.5 % vs. 38.3 %) $p = 0.017$. Heart sound recognition in the VR protocol group was slightly better compared to the comparison group (44.5 % vs. 36.8 %), $p > 0.05$.

At the final control of the survival of knowledge on auscultation of the heart and lungs, which was carried out 3 months after the end of the study of auscultation, results are the following. In recognizing lung sounds, students on the comparison group performed slightly better (41.7 % versus 36.9 % for the VR group). On cardiac auscultation, the situation was reversed: the VR protocol group recognized sounds in 56.1 % of cases, versus 25.4 % in the comparison group ($p < 0,001$).

Keywords: medical education, auscultation, virtual reality.

Поступила 14.06.2022