

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ И УГЛОВ КОСОГЛАЗИЯ У ДЕТЕЙ С СОДРУЖЕСТВЕННЫМ ОПЕРИРОВАННЫМ КОСОГЛАЗИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ И СТАНДАРТНОГО ОРТОПТО-ДИПЛОПТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Кутимова Е.Ю.<sup>1</sup>, Фабрикантов О.Л.<sup>1,2</sup>, Шутова С.В.<sup>1,2</sup>, Матросова Ю.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Тамбовский филиал, Тамбов, e-mail: naukatmb@mail.ru;

<sup>2</sup>Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов

Целью данного исследования явилось изучение изменения остроты зрения и углов косоглазия у детей с содружественным косоглазием, прошедших лечение с использованием компьютерных программ и шлема виртуальной реальности в комплексе со стандартным ортопто-диплоптическим лечением. Авторами проанализированы 2 группы детей с содружественным косоглазием, прошедших лечение на базе Тамбовского филиала МНТК «Микрохирургия глаза». Все пациенты были ранее оперированы по поводу косоглазия и имели остаточные углы косоглазия. Лечение пациентов в 1-й группе проходило с использованием компьютерных программ «EYE» в комплексе со стандартным ортопто-диплоптическим лечением: синоптофор, приборов «Цветотест», «Форбис». Пациенты во 2-й группе проходили стандартное ортопто-диплоптическое лечение с использованием шлема виртуальной реальности Oculus quest 2 и программы «Синоптовиар», разработанной на базе Тамбовского технического государственного университета. Максимально скорректированная острота зрения во 2-й группе улучшилась значительно и является статистически значимо выше, чем в 1-й группе. Изменение объективного угла косоглазия после лечения оказалось достоверно выше во 2-й группе. Также установлено статистически значимое улучшение субъективного угла косоглазия во 2-й группе. Наблюдается достоверное уменьшение угла косоглазия по Гиршбергу после лечения в обеих группах. Использование в офтальмологии технологий виртуальной реальности является новшеством, поэтому в литературе имеются лишь единичные публикации по исследованию их влияния на зрительные функции. Лечение, проведенное с использованием шлема виртуальной реальности, является перспективным направлением, требует дальнейшего изучения и исследования.

Ключевые слова: виртуальная реальность, косоглазие, ортопто-диплоптическое лечение, компьютеры, угол косоглазия.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ALTERATION IN VISUAL ACUITY AND STRABISMUS ANGLES IN CHILDREN WITH CONCOMITANT OPERATED STRABISMUS USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES AND STANDARD ORTHOPTODIPLOPTIC TREATMENT

Kutimova E.Yu.<sup>1</sup>, Fabrikantov O.L.<sup>1,2</sup>, Shutova S.V.<sup>1,2</sup>, Matrosova Yu.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Tambov branch, Tambov, e-mail: naukatmb@mail.ru;

<sup>2</sup>Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Tambov, Russian Federation

The purpose of this study was to study changes in visual acuity and strabismus angles in children with concomitant strabismus who underwent treatment using computer programs and a virtual reality helmet for six months, in combination with standard orthoptodiploptic treatment. The authors analyzed 2 groups of children with concomitant strabismus who underwent treatment at the Tambov branch of Eye Microsurgery Institution. All patients had been previously operated on for strabismus and had residual strabismus angles. Treatment of patients in group I was carried out using computer programs «EYE» in combination with standard orthoptodiploptic treatment: synoptophore, color test, «Forbis». Patients in group II underwent standard orthoptodiploptic treatment using the Oculus quest 2 virtual reality helmet and the Sinoptoviar program, developed on the basis of Tambov Technical State University. The best-corrected visual acuity in group II improved by a greater percentage and was statistically significantly higher than in group I. The change in the objective angle of strabismus after treatment was significantly higher in group II. A statistically significant improvement in the subjective angle of strabismus in group II was also established. There was a significant decrease in the Hirschberg strabismus angle after treatment in both groups. The use of virtual reality in ophthalmology is an innovation, therefore in the literature there are only a few publications on the study of their

**effect on visual functions. Treatment carried out using a virtual reality helmet is promising and requires further study and research.**

Key words: virtual reality, strabismus, orthoptodiploptic treatment, computers, strabismus angle.

## **Введение**

Компьютеры на протяжении многих десятилетий являются неотъемлемой составляющей повседневной жизни человека. Одним из современных направлений представляется виртуальная реальность, реализуемая через видеошлемы. Первый прообраз виртуальной реальности, созданный в 1929 году, полностью симулировал реальные действия пилота. В 1980-х годах появились цветной шлем «EyePhone» и перчатка «DataGlove» для взаимодействия с компьютерными средами [1].

Однако VR-шлемы (Virtual Reality) имели ограниченное поле зрения, вызывали дискомфорт и были весьма дорогостоящими, что предопределяло их использование лишь в военных целях и тормозило их широкое применение. В 2012 году был представлен шлем «Oculus Rift», который значительно улучшил угол обзора, уменьшил размер и вес устройства, а также снизил его стоимость до доступной.

В настоящее время виртуальная реальность успешно используется и в медицине. Моделируя и создавая конкретные ситуации, проводят лечение различных двигательных нарушений, фобий, стрессов, депрессивных состояний [2].

В последние годы ведутся исследования по изучению влияния технологий виртуальной реальности на зрительные функции, в том числе при глазодвигательных нарушениях (косоглазии, гетерофории).

В одной из работ был проведен анализ 31 исследования, посвященных использованию технологий виртуальной реальности при лечении амблиопии, косоглазия и миопии. При изучении амблиопии чаще использовали гарнитуры виртуальной реальности на базе смартфонов, но в исследованиях, посвященных близорукости и косоглазию, чаще использовались коммерческие автономные гарнитуры виртуальной реальности. Было высказано предположение, что технология виртуальной реальности может стать потенциально эффективным инструментом для изучения амблиопии, косоглазия и близорукости [3].

В исследовании А.А. Saraiva с соавторами рассматривается низкобюджетная система на основе Google Cardboard для отображения контента в формате виртуальной реальности. Виртуальные сцены создаются по принципу объединения информации от двух экранов, где на каждом транслируется лишь половина или часть изображения. Совмещение этих изображений вызывает стимуляцию мозговой активности для восстановления фузии. Взаимодействие пользователя со сценой ограничено использованием одной кнопки, закрепленной на Cardboard. Виртуальные сцены включают реализацию игры «тетрис» и нескольких

неинтерактивных сценариев. Авторы подтверждают эффективность после 10–20 сеансов выполнения упражнений [4].

Таким образом, анализ сопутствующих исследований указывает на то, что использование шлемов виртуальной реальности дает положительный результат в лечении косоглазия у детей.

Компьютерные программы широко используются в лечении патологии глазодвигательного аппарата уже длительное время и дополняют стандартные методы ортопто-диплоптического лечения. Для достижения положительного эффекта в процессе лечения производится воздействие на сенсорную и моторную функции зрительного анализатора с рациональной комбинацией и чередованием этих способов [5].

При этом лечение детей с нарушениями глазодвигательных и бинокулярных функций оказывается более быстрым и эффективным по сравнению с традиционными методами. Это связано с применением системного подхода, который включает в себя психофизиологические аспекты, интеллектуальное восприятие при распознавании объектов и вовлечение несенсорных психических функций, таких как мотивация и эмоционально-волевые процессы.

Кроме того, использование разнообразных компьютерных программ и игровых элементов повышает заинтересованность детей в лечебном процессе, что также положительно влияет на результаты лечения [6].

Современные технологии сепарации правого и левого глаза позволяют предъявлять полноцветные зрительные стимулы достаточной яркости и реализовывать режимы контролируемого независимого включения в работу каждого глаза по любой программе тренировки.

Система, созданная на базе технологий VR, обладает огромным потенциалом в возможности визуализаций. Пациент, погружаясь в виртуальную среду в процессе лечения, имеет большой ряд преимуществ по сравнению с использованием для этой цели обычного медицинского оборудования – стандартных методов ортоптико-диплоптического лечения: синоптофор, приборов «Форбис», «Цветотест». Выполнение заданий в игровой форме в шлеме виртуальной реальности создает уникальные условия для работы зрительного анализатора, что требует активного участия психомоторных функций. Погружаясь в виртуальную реальность, пациент сосредотачивает все внимание на конкретной задаче, не отвлекаясь на посторонние предметы и объекты. Немаловажным преимуществом является возможность использования различных компьютерных программ в домашних условиях, в том числе с применением VR-шлема, что делает лечение более доступным [7].

**Цель исследования.** Провести сравнительный анализ изменения максимально скорректированной остроты зрения и углов косоглазия (объективного, субъективного, по

Гиршбергу) у детей с содружественным косоглазием, прошедших лечение с использованием компьютерных программ и VR-шлема, в комплексе со стандартными методами ортоптико-диплоптического лечения.

**Материал и методы исследования.** Авторами были проанализированы 2 группы детей в возрасте от 7 до 9 лет с содружественным косоглазием, прошедших в течение полугода лечение на базе Тамбовского филиала с использованием компьютерных программ и VR-шлема и стандартных методов ортоптико-диплоптического лечения. Все пациенты были ранее оперированы по поводу косоглазия и имели остаточные углы косоглазия не более 7°, углы косоглазия оценивались в абсолютных значениях отклонения от нуля.

Всего пролечены 117 детей: 59 в 1-й группе и 58 во 2-й. Продолжительность курса лечения в обеих группах составила 10 дней, занятия проводились ежедневно, в среднем по 30–40 минут.

Использовали стандартные офтальмологические методы исследования, такие как: визометрия, рефрактометрия, офтальмоскопия, биомикроскопия, определение характера зрения, субъективного и объективного угла косоглазия на синоптофоре, определение угла косоглазия по Гиршбергу, подвижности глазных яблок.

Лечение пациентов в 1-й группе проходило с использованием компьютерных программ «EYE» в комплексе со стандартными методами ортоптико-диплоптического лечения: синоптофор, приборами «Цветотест», «Форбис». Пациенты во 2-й группе проходили стандартное ортопто-диплоптическое лечение с применением шлема виртуальной реальности Oculus quest 2 и программы «Синоптовиар», разработанной на базе Тамбовского государственного технического университета в 2023 г. [7, 8].

С помощью синоптофора проводятся определение объективного и субъективного угла косоглазия и лечение пациентов с косоглазием. Лечение на синоптофоре осуществляется по стандартной методике, при этом под объективным углом попеременно предъявляются тест-объекты для слияния [9].

Прибор «Форбис» используется для лечения косоглазия при наличии бинокулярного или одновременного зрения [10].

С помощью прибора «Цветотест» проводятся исследование характера зрения (бинокулярное, одновременное, монокулярное), определение ведущего глаза и дальнейшее лечение. Принцип работы «Цветотеста» основан на сепарации полей зрения с помощью светофильтров красного и сине-зеленого цвета [11].

Наиболее популярной и часто используемой в лечении косоглазия компьютерной программой является программа «EYE». Разделение полей зрения происходит с помощью очков красно-синего цвета. Различные упражнения на совмещение и слияние развивают

содружественную работу обеих половин зрительного анализатора [12, с. 84]. Оригинальное упражнение «Тренажер» формирует фузионные резервы, а также может служить тестом на наличие глубинного зрения.

Тренажер виртуальной реальности включает в себя: шлем виртуальной реальности Oculus quest 2 на базе операционной системы Android, программу «Синоптовиар», компьютер, подключенный к шлему и транслирующий изображение для оценки и визуализации выполнения упражнений.

VR-гарнитура Oculus quest 2 – это компактный шлем, внутри которого расположены два дисплея, линзовая система для фокусировки, мощный мобильный процессор, а также различные акселерометры и гироскопы, камеры дополненной реальности и т.д. Гарнитура оснащена рядом сенсоров и датчиков, имеются спейсер – разделитель для ношения диоптрийных очков, несколько оптических камер. В комплекте есть сразу два джойстика – под правую и под левую руку.

«Синоптовиар» представляет собой набор различных программ, адаптированных для использования с системой виртуальной реальности (боулинг, сортировка предметов по цветам, стрельба по мишеням, дартс, баскетбол, собирание пазла и т.д.). Основной целью данных игровых программ является формирование одного зрительного образа путем слияния (наложения) двух изображений. При этом перед чаще косящим и амблиопичным глазом расположен один предмет, перед парным глазом – другой.

Наличие 2 экранов разделяет поля зрения правого и левого глаза. Полная стереоскопическая картина в процессе лечения возможна только в том случае, когда каждый глаз видит ее на своем экране, что заставляет амблиопичный и чаще косящий глаз принимать активное участие в выполнении задания для наиболее точного совмещения 2 предметов. При этом требуется активное (нажатие определенной клавиши или выполнение действий в момент совмещения) или пассивное (требуется лишь перенести объект в нужное место в пространстве) действие.

При успешном выполнении предметы уменьшаются в размерах и отдаляются, увеличивается скорость передвижения объектов. При невыполнении упражнения предметы приближаются, замедляются и становятся крупнее.

Также на протяжении всего лечения ежедневно отслеживается процент точности выполнения игровых заданий.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программы «Statistica 10.0» (Dell Inc., США). Поскольку распределение большинства признаков отличалось от нормального (проверяли по критерию Шапиро–Уилка), данные представлены в виде медианы и 25% и 75% квартилей ((Me (Q25; Q75)). Углы косоглазия рассчитывали в

абсолютных значениях отклонения от нуля. Статистическую значимость различий оценивали с использованием критерия  $\chi^2$  для качественных признаков, критерия Вилкоксона для зависимых и критерия Манна–Уитни для независимых групп. Различия принимались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Исходно обе группы были сопоставимы по всем показателям: по возрасту, остроте зрения, углам косоглазия (объективный, субъективный, угол по Гиршбергу).

Средняя величина возраста всех исследуемых составила 8 лет и в 1-й группе, и во 2-й группе. Максимальная скорректированная острота зрения (МКОЗ) чаще косящего глаза в 1-й группе до лечения составила 0,9, после лечения – 1,0. Доля пациентов с МКОЗ 1,0 в первой группе увеличилась с 46,8 до 57,4%. Средняя величина остроты зрения во 2-й группе до и после лечения равнялась 1,0, однако доля пациентов с МКОЗ 1,0 возросла с 66,1 до 80,4% ( $p=0,002$ ) и статистически значимо выше, чем в 1-й группе (табл.).

### Сравнительный анализ исследуемых групп

Исследуемый параметр	Исследуемый параметр до лечения	Исследуемый параметр после лечения	Значимость различий (Z по критерию Вилкоксона для количественных и Хи-квадрат для %)
<b>1-я группа (n=59)</b>			
Возраст, лет	8,0 (7,0; 9,0)		
МКОЗ чаще косящего глаза	0,9 (0,7; 1,0)	1,0 (0,7; 1,0)	Z=1,68 p=0,093
Доля пациентов с МКОЗ=1.0	46,8%	57,4%	$\chi^2=1,07$ p=0,302
Угол косоглазия объективный, °	5,0 (3,0; 5,0)	5,0 (0,0; 5,0)	Z=0,528 p=0,597
Угол косоглазия субъективный, °	5,0 (0,0; 5,0)	3,0 (0,0; 5,0)	Z=1,54 p=0,124
Угол косоглазия по Гиршбергу, °	5,0 (3,0; 10,0)	3,0 (0,0; 5,0)	Z=5,09 p<0,001*
<b>2-я группа (n=58)</b>			
Возраст, лет	8,0 (7,0; 10,0)		
МКОЗ чаще косящего глаза	1,0 (0,9; 1,0)	1,0 (1,0; 1,0)	Z=3,09 p=0,002*

Доля пациентов с МКОЗ=1.0	66,1%	80,4%	$\chi^2=2,91$ $p=0,088$
Угол косоглазия объективный, °	5,0 (0,0; 5,0)	0,0 (0,0; 3,0)	$Z=4,11$ $p<0,001^*$
Угол косоглазия субъективный, °	3,0 (0,0; 5,0)	0,0 (0,0; 3,0)	$Z=3,83$ $p<0,001^*$
Угол косоглазия по Гиршбергу, °	5,0 (3,0; 7,0)	3,0 (0,0; 5,0)	$Z=2,81$ $p=0,005^*$
<b>Значимость различий групп</b>			
Возраст, лет	$Z=1,44$ $p=0,150$		
МКОЗ чаще косящего глаза	$Z=1,82$ $p=0,068$	$Z=2,17$ $p=0,030^*$	
Доля пациентов с МКОЗ=1.0	$\chi^2=2,66$ $p=0,103$	$\chi^2=2,66$ $p=0,103$	
Угол косоглазия объективный, °	$Z=1,86$ $p=0,063$	$Z=2,84$ $p=0,005^*$	
Угол косоглазия субъективный, °	$Z=1,80$ $p=0,072$	$Z=2,35$ $p=0,019^*$	
Угол косоглазия по Гиршбергу, °	$Z=1,46$ $p=0,144$	$Z=0,26$ $p=0,796$	

Изменение объективного угла косоглазия после лечения оказалось статистически значимым во 2-й группе: средняя величина объективного угла косоглазия до лечения = 5°, после лечения – 0°, различия статистически значимы ( $p<0,001$ ). Средняя величина объективного угла косоглазия в 1-й группе = 5°, после лечения медиана угла косоглазия оставалась равна 5° ( $p=0,597$ ).

Также установлено статистически значимое улучшение субъективного угла косоглазия во 2-й группе: до лечения = 3°, после лечения – 0°; различия статистически значимы ( $p<0,001$ ). Средняя величина субъективного угла косоглазия (УК) в 1-й группе до лечения составила 5°, а после лечения – 3° ( $p=0,124$ ).

Наблюдается достоверное уменьшение УК по Гиршбергу после лечения в обеих группах: во 2-й группе медиана до лечения составила 5°, после лечения – 3° ( $p=0,005$ ). Средняя величина угла косоглазия по Гиршбергу до лечения в 1-й группе равна 5°, после лечения – 3°, ( $p<0,001$ ).

Выявленное авторами данной статьи улучшение остроты зрения после лечения у пациентов 2-й группы с использованием технологий виртуальной реальности сопоставимо с данными исследования от 2006 г.: в исследовании Е.М. Хиллис и соавторов было

проанализировано изменение остроты зрения у детей с амблиопией и косоглазием и у взрослых после использования компьютерных программ и шлема виртуальной реальности. Авторы оценивали остроту зрения после 15 занятий и спустя 2 месяца. Отмечалось улучшение остроты зрения, достигнутый результат сохранялся спустя 2 месяца [13].

Результаты, представленные в иной работе, также подтверждают, что лечение с использованием технологий виртуальной реальности способствует улучшению остроты зрения у детей, причем наиболее заметное улучшение наблюдается у участников младше 7 лет (при условии, что продолжительность лечения составляет до 20 часов) [14].

В 2023 г. в работе Nao Zhang и соавторов было представлено исследование влияния технологий виртуальной реальности на детей после операции по поводу косоглазия. В исследование вошли 200 детей (по 100 в каждой группе) с сопутствующей экзо- или эзотропией, где в 1-ю группу вошли дети, проходившие лечение на тренажере виртуальной реальности, а пациенты контрольной группы не проходили никакого лечения после операции. Через 6 месяцев после операции показатель ортофории был значительно выше в группе, получавшей VR-лечение, чем в контрольной группе ( $p=0,001$ ) [15].

Результаты, полученные ранее по изменению девиации и формированию ортофории, сопоставимы с данными авторов представленного исследования: в группе детей, пролеченных с использованием VR-технологий, отмечается статистически значимое улучшение углов косоглазия после проведения терапии, что подтверждает положительное влияние технологий VR в послеоперационном лечении детей с косоглазием.

Таким образом, с клинической точки зрения наблюдается статистически значимый эффект лечения косоглазия при использовании медицинского тренажера виртуальной реальности, превосходящий по величине результаты, полученные при применении существующих компьютерных программ.

### **Выводы**

1. Ортопто-диплоптическое лечение, помимо традиционных методов, проводится и с использованием компьютерных программ, в том числе с помощью систем виртуальной реальности.
2. Исследование максимально корригированной остроты зрения до и после лечения в обеих группах показало более статистически значимое улучшение во 2-й группе.
3. Определение угла косоглазия (объективного и субъективного) показало более выраженную тенденцию к достижению ортофории после лечения во 2-й группе.
4. Угол косоглазия по Гиршбергу после лечения уменьшился в обеих группах.

5. Лечение, проведенное с использованием шлема виртуальной реальности и программы «Синоптовиар», является перспективным направлением и требует дальнейшего изучения и исследования.

### Список литературы

1. Цуканова А.О. История технической виртуальной реальности: от зеркального стереоскопа Уитсона до шлема «OCULUS RIFT» // Восточно-европейский научный журнал. 2022. Т. 81 (5). С. 31-38. DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2022.1.81.283.
2. Зеленский М.М., Рева С.А., Шадеркина А.И. Виртуальная реальность (VR) в клинической медицине: международный и российский опыт // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2021. Т. 7 (3). С. 7-20. DOI: 10.29188/2712-9217-2021-7-3-7-20.
3. Chan H.S., Tang Y.M., Do C.W., Wong H.H.Y., Chan L.Y., To S. Design and assessment of amblyopia, strabismus, and myopia treatment and vision training using virtual reality // Digital Health. 2023. Vol. 9. DOI: 10.1177/20552076231176638.
4. Saraiva A.A., Barros M.P., Nogueira A.T., Ferreira N.M.F., Valente A. Virtual interactive environment for low-cost treatment of mechanical strabismus and amblyopia // Information. 2018. Vol. 9. Is. 7. P. 175. DOI: 10.3390/info9070175.
5. Bocqué C., Wang J., Rickmann A., Julich-Haertel H., Kaempf U., Januschowski K. Gamification to Support Adherence to a Therapeutic Amblyopia Treatment for Children: Retrospective Study Using a Focal Ambient Visual Acuity Stimulation Game // JMIR Pediatrics and Parenting. 2023. Vol. 6. Is. 1. P. e32282. DOI: 10.2196/32282.
6. Levi D.M. Applications and implications for extended reality to improve binocular vision and stereopsis // Journal of Vision. 2023. Vol. 23. Is. 14. DOI: 10.1167/jov.23.1.14.
7. Obukhov A., Kutimova E., Matrosova Ju., Teselkin D., Shilcin M. Medical VR Simulator for Pediatric Strabismus Treatment // Technologies. 2024. Vol. 12. Is. 11. P. 228. DOI: 10.3390/technologies12110228.
8. Обухов А.Д., Волков А.А., Теселкин Д.В., Шильцын М.А. СиноптоВиАр -программный комплекс на основе микросервисной архитектуры для выполнения офтальмологических упражнений // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666496. Патентообладатель ООО «Виар Про». 2023. Заявлено 19.06.2023; опубл. 01.08.2023 Бюл. №8.

URL: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=EVM&rn=2998&DocNumber=2023666496&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&rn=2998&DocNumber=2023666496&TypeFile=html) (дата обращения: 18.03.2025).

9. Матросова Ю.В., Катаев М.Г., Фабрикантов О.Л. Травматическое косоглазие: вариативность механизмов возникновения и сложность оценки страбизмологического статуса // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32024> (дата обращения: 18.03.2025). DOI: 10.17513/spno.32024.

10. Матросова Ю.В., Катаев М.Г. Методы исследования диплопии. Обзор литературы // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31484> (дата обращения: 18.03.2025). DOI: 10.17513/spno.31484.

11. Матросова Ю.В., Кутимова Е.Ю., Фабрикантов О.Л., Шутова С.В., Васильченко А.А. Сравнительный анализ динамики формирования бинокулярных функций у детей с оперированным косоглазием и у детей с анизометропической амблиопии // Медицина. 2018. № 4. С. 17-27. URL: <https://fsmj.ru/35015> (дата обращения: 18.03.2025). DOI: 10.29234/2308-9113-2018-6-4-17-27.

12. Кащенко Т.П., Ячменева Е.И. Содружественное косоглазие: патогенез, клиника, методы исследования и восстановления зрительных функций. В кн. Зрительные функции и методы их коррекции у детей / Под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. М.: Медицина, 2005. С. 66-92.

13. Хиллис Е.М., Кащенко Т.П., Корнюшина Т.А. Влияние использования шлема виртуальной реальности на зрительные функции // Медицина труда и промышленная экология. 2006. № 9. С. 16-23. URL: <https://www.journal-irioh.ru/jour/index> (дата обращения: 18.03.2025).

14. Shao W., Niu Y., Wang S., Wang J., Zhang C., Guo L. Effects of virtual reality on the treatment of amblyopia in children: A systematic review and meta-analysis // Journal of Pediatric Nursing. 2023. Vol. 72. P. 106-112. DOI: 10.1016/j.pedn.2023.07.014.

15. Zhang H., Yang S.H., Chen T., Kang M.X., Liu D.Y., Wang D., Hao J., Wang M., Yang Z., Han X., Su H. The effect of virtual reality technology in children after surgery for concomitant strabismus // Indian Journal of Ophthalmology. 2023. Vol. 71. Is. 2. P. 625-630. DOI: 10.4103/ijo.IJO\_1505\_22.