

Возможности среды виртуальной реальности в ускорении процессов вестибулярной компенсации



РНПЦ Неврологии и нейрохирургии
старший научный сотрудник Можейко М.П., к.б.н.,
Марьенко И.П., д.м.н., доцент,
Клебан А.В., к.м.н., доцент

Республиканская научно-практическая конференция
«Инновационные технологии физиотерапии в лечении и реабилитации»,
посвященная памяти А. В. Волотовской
Минск, 20 ноября 2025

Виртуальная реальность

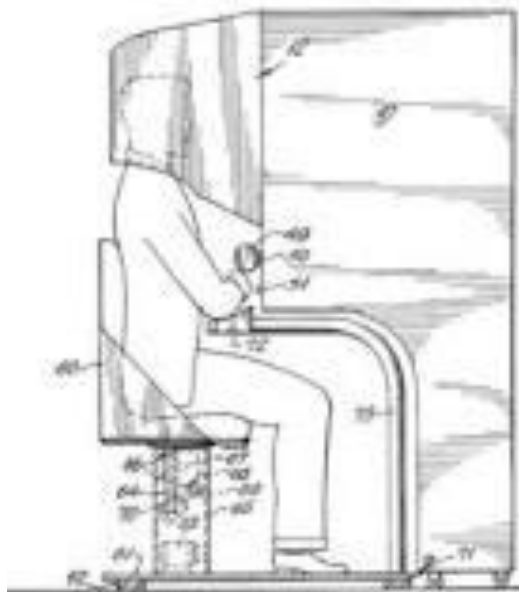


- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗНЫХ СФЕРАХ МЕДИЦИНЫ ПРИОБРЕТАЕТ ВСЕ БОЛЬШЕЕ ЗНАЧЕНИЕ
- ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ (VR) НАБИРАЕТ БОЛЬШУЮ ПОПУЛЯРНОСТЬ - САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ МЕТОДИКА В СИСТЕМЕ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ
- АКТУАЛЬНО - ПРИМЕНЕНИЕ VR СОВМЕСТНО С ТЕХНОЛОГИЕЙ ИНТЕРФЕЙСА МОЗГ – КОМПЬЮТЕР

Эволюция виртуальной реальности



- ПЕРВЫЙ ПРОТОТИП ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ БЫЛ РАЗРАБОТАН МОРТОНОМ ХЕЙЛИГОМ В 1962 Г. ПОД НАЗВАНИЕМ «SENSORAMA
- КОРОТКОМЕТРАЖНЫЕ ФИЛЬМЫ ПОГРУЖАЛИ ЧЕЛОВЕКА В ВИРТУАЛЬНУЮ РЕАЛЬНОСТЬ С ЭФФЕКТАМИ СТИМУЛЯЦИИ ОБОНЯНИЯ, ОСЯЗАНИЯ И СТЕРЕОЗВУКОМ



Виртуальная реальность



Перчатка Digital Data Entry Glove

- ПЕРВОЕ ШИРОКО ПРИЗНАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РУКОЙ В ВИРТУАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СТАЛА ПЕРЧАТКА DIGITAL DATA ENTRY GLOVE, РАЗРАБОТАННАЯ Г. ГРАЙМСОМ (1981 г.)
- ПОЗВОЛЯЛА СОЗДАВАТЬ БУКВЕННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ СИМВОЛЫ В КОМПЬЮТЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ, ЧТО СТАЛО АЛЬТЕРНАТИВОЙ КЛАВИАТУРЕ В РЕАЛЬНОМ МИРЕ



ВИРТУАЛЬНАЯ КОМНАТА — НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ. КОНЦЕПЦИЯ ТАКОЙ КОМНАТЫ ВПЕРВЫЕ БЫЛА ПРЕДЛОЖЕНА В УНИВЕРСИТЕТЕ ЧИКАГО В 1992 г. И ПОЛУЧИЛА НАЗВАНИЕ «CAVE» (CAVE AUTOMATIC VIRTUAL ENVIRONMENT)



➤ **ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ** — КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРЫЕ ЗАМЕЩАЮТ ИЛИ ИСКАЖАЮТ ИНФОРМАЦИЮ ОТ ОРГАНОВ ЧУВСТВ, ИЗМЕНЯЮТ И АНАЛИЗИРУЮТ ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА, ОБЕСПЕЧИВАЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМА С СОЗДАВАЕМОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДОЙ



- Впервые VR для реабилитационной терапии использовали у пациентов с различными фобиями и тревожными расстройствами (Р. Лемсон в 1993 г.)
- В начале 90-х годов прошлого столетия VR достигла того уровня развития, когда стало возможным использовать ее в нейрореабилитации

Возможности технологии виртуальной реальности

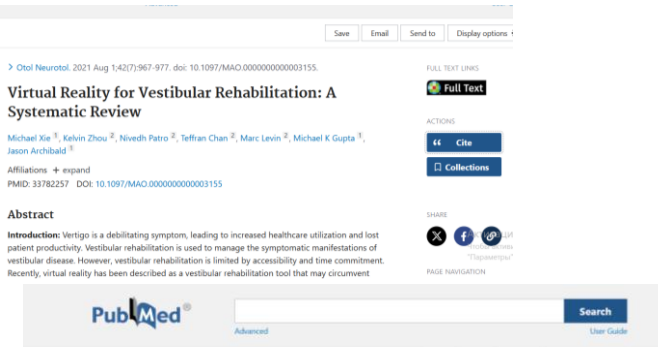


➤ ИМИТИРУЕТ КАК ВОЗДЕЙСТВИЕ САМОЙ СРЕДЫ, ТАК И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА НА ВОЗДЕЙСТВИЕ VR



➤ ЧЕЛОВЕК МОЖЕТ УЧАСТВОВАТЬ В ЗАДАННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ СОБЫТИЯХ/ СЦЕНАРИЯХ (ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ, ВЗАИМОДЕЙСТВОВАТЬ С ВИРТУАЛЬНЫМИ ПРЕДМЕТАМИ И МАНИПУЛИРОВАТЬ ИМИ, НАБЛЮДАТЬ СВОИ ДЕЙСТВИЯ СО СТОРОНЫ, ЧТО ОБЕСПЕЧИВАЕТ ПРОИЗВОЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ДЕЙСТВИЯ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ ОБРАТНУЮ СВЯЗЬ)

Возможности технологии виртуальной реальности



➤ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПАЦИЕНТА С ВИРТУАЛЬНЫМ МИРОМ - НЕПРЕРЫВНАЯ СВЯЗЬ ПО ТИПУ «ВОСПРИЯТИЕ - ДЕЙСТВИЕ»

➤ «ОБРАТНОЙ СЕНСОРНАЯ СВЯЗЬ» - ЧЕЛОВЕК ПОЛУЧАЕТ ИНФОРМАЦИЮ:

- О САМОМ ДВИЖЕНИИ В ВИДЕ ЕГО ВИЗУАЛИЗАЦИИ,
- О ТОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ЧЕРЕЗ СИСТЕМУ ОБРАТНОЙ СЕНСОРНОЙ СТИМУЛЯЦИИ,
- ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ ОКРУЖАЮЩЕГО ВИРТУАЛЬНОГО МИРА

➤ ДВИЖЕНИЯ И КОНТРОЛЬ ЗА ОБЪЕКТАМИ В ВИРТУАЛЬНОМ МИРЕ ЗНАЧИМЫ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СЕНСОРНОЙ СТИМУЛЯЦИИ

➤ НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ДВИЖЕНИЯМИ МОЖЕТ СПОСОБСТВОВАТЬ КОРКОВОЙ РЕОРГАНИЗАЦИИ, УЛУЧШАЯ ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ



ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В МЕДИЦИНЕ

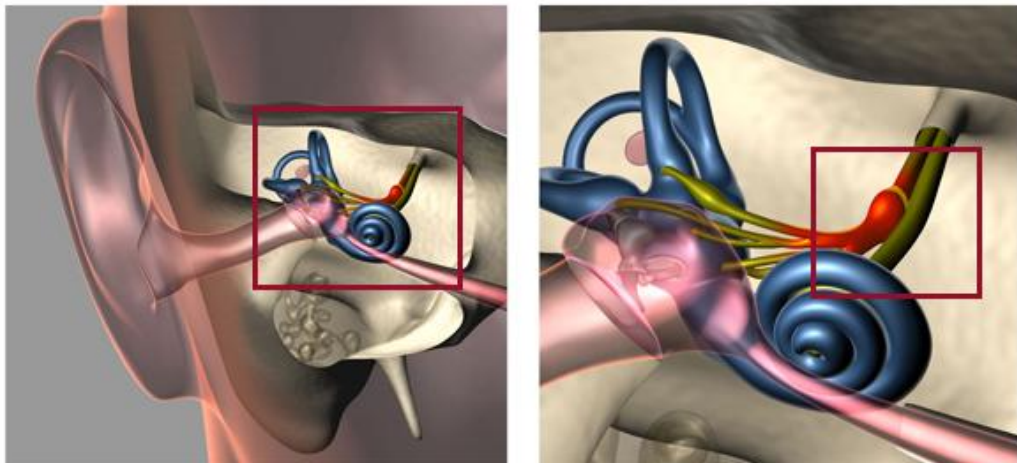
- НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИЯ
- ЛЕЧЕНИЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО СТРЕССОВОГО РАССТРОЙСТВА
- ОБЕЗБОЛИВАНИЕ
- В СПОРТЕ
- ТРЕНИРОВКА СЛОЖНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ
- УЛУЧШЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ
- ВИРТУАЛЬНЫЕ СИМУЛЯЦИИ (ОБУЧЕНИЕ ХИРУРГОВ И Т.Д.)

НИР «РАЗРАБОТАТЬ И ВНЕДРИТЬ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ
НАРУШЕНИЙ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ФУНКЦИИ ПРИ БОЛЕЗНЯХ ВНУТРЕННЕГО УХА»
2023-2025 г.

**ЦЕЛЬ: ОЦЕНИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕНИРОВОК В
СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ
РАВНОВЕСИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРОЙ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ**

- 33 ПАЦИЕНТА С УСТАНОВЛЕННЫМ ДИАГНОЗОМ ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ
НЕЙРОНИТ
 - СРЕДНИЙ ВОЗРАСТ СОСТАВИЛ $39 \pm 2,8$ ЛЕТ
 - 23 ЖЕНЩИНЫ И 10 МУЖЧИН

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ НЕЙРОНИТ — острое или подострое вестибулярное расстройство, характеризующееся внезапным, продолжительным приступом системного головокружения, связанное с избирательным воспалением вестибулярной порции VIII черепного нерва, предположительно вирусной или постинфекционной аутоиммунной этиологии

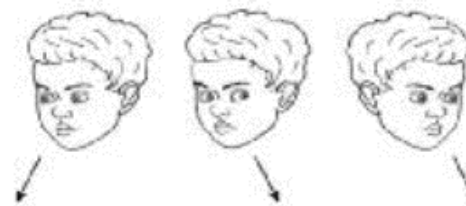


- ПОСТЕПЕННОЕ УЛУЧШЕНИЕ В ТЕЧЕНИЕ 1-2 НЕДЕЛЬ
- В ПОСЛЕДУЮЩИЕ 3-6 МЕСЯЦЕВ МОЖЕТ СОХРАНЯТЬСЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ, ОСОБЕННО ПРИ РЕЗКИХ ДВИЖЕНИЯХ ГОЛОВЫ/ТУЛОВИЩА

- ОСТРОЕ НАЧАЛО МАКСИМАЛЬНО ВЫРАЖЕННОГО ГОЛОВОКРУЖЕНИЯ В ТЕЧЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ЧАСОВ
- ВЫРАЖЕННЫЕ СИМПТОМЫ ДЛЯТСЯ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ДНЕЙ ДО НЕДЕЛЬ
- ОТСУТСТВИЕ КОХЛЕАРНЫХ СИМПТОМОВ (НЕТ СНИЖЕНИЯ СЛУХА ИЛИ ШУМА В УШАХ)
- НЕПРЕДОТВРАТИМОЕ ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ГОЛОВОКРУЖЕНИЕ
- НАРУШЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ В ПОКОЕ И ПРИ ХОДЬБЕ С ТЕНДЕНЦИЕЙ К ПАДЕНИЮ В СТОРОНУ ПОРАЖЕНИЯ
- СПОНТАННЫЙ НИСТАГМ (ГОРИЗОНТАЛЬНО-РОТАТОРНЫЙ), БЫСТРАЯ ФАЗА НАПРАВЛЕНА В СТОРОНУ ЗДОРОВОГО УША
- ТОШНОТА И РВОТА

Вестибулярная реабилитация

- ЦЕЛЬ - УСКОРЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ ФУНКЦИИ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ И СОЗДАНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ СКОРЕЙШЕЙ АДАПТАЦИИ К ЕЕ ПОВРЕЖДЕНИЮ
- СЕНСОРНАЯ РЕОРГАНИЗАЦИЯ НА УРОВНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ



Вестибулярная реабилитация

СТИМУЛЯЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ:

ГАБИТУАЦИИ – ПОВЫШЕНИЕ ПОРОГА ОТВЕТНОЙ РЕАКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗДРАЖИТЕЛИ ПРИ ИХ МНОГОКРАТНОМ ПОВТОРЯЮЩЕМСЯ ВОЗДЕЙСТВИИ

АДАПТАЦИИ - СТАБИЛИЗАЦИЯ ВЗОРА (УЛУЧШЕНИЕ ВЕСТИБУЛО-ОКУЛЯРНОГО РЕФЛЕКСА, КОТОРЫЙ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ДИНАМИЧЕСКУЮ ОСТРОТУ ЗРЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИЯХ ГОЛОВЫ)

ЗАМЕЩЕНИЯ - УСИЛЕНИЕ РОЛИ “НЕ ПОСТРАДАВШИХ” СЕНСОРНЫХ СИГНАЛОВ В ПОДДЕРЖАНИИ РАВНОВЕСИЯ (НАПРАВЛЕННЫ НА ЗАМЕЩЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ПОЛОЖЕНИИ ТЕЛА В ПРОСТРАНСТВЕ, ПОЛУЧАЕМОЙ ОТ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА И ДРУГИХ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ)

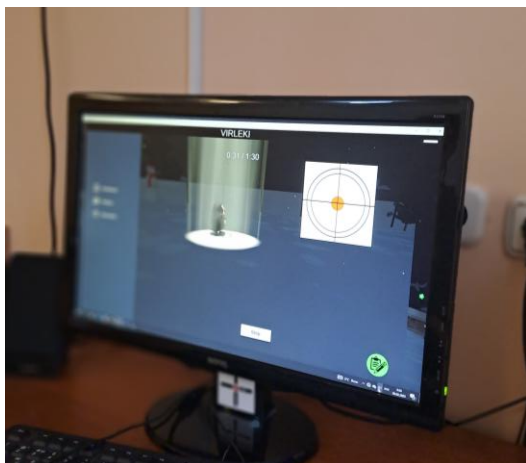


Вестибулярная реабилитация в виртуальной реальности



- С ЦЕЛЮ СТИМУЛЯЦИИ ПРОЦЕССОВ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАЛАСЬ СРЕДА VR
- В РАМКАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСТРАИВАЛАСЬ ПРОЕКЦИЯ ТУЛОВИЩА ПАЦИЕНТА В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ЕГО ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ В ПРОЦЕССЕ СПЕЦИАЛЬНО СОЗДАННОЙ ИГРОВОЙ ГРАФИКИ

Вестибулярная реабилитация в виртуальной реальности



- ПАЦИЕНТУ ПРЕДЛАГАЛОСЬ УПРАВЛЯТЬ ВИРТУАЛЬНЫМ ОБЪЕКТОМ, ОТКЛОНЯЯ СОБСТВЕННОЕ ТЕЛО ВО ФРОНТАЛЬНОЙ И САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТЯХ ПО ИГРОВОМУ СЦЕНАРИЮ
- ВИРТУАЛЬНАЯ СРЕДА ИСПОЛЬЗОВАЛАСЬ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИГР И ПРИЛОЖЕНИЙ UNITY3D НА ОБОРУДОВАНИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ «HTC VIVE»
- ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫМ ОБЪЕКТОМ НА ТЕЛЕ ПАЦИЕНТА И МЕЖДУ СТОПАМИ ФИКСИРОВАЛИСЬ КОНТРОЛЛЕРЫ (ДАТЧИКИ) ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЙ ТЕЛА В РЕАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ



- ТРЕНИРОВКИ В СРЕДЕ ВР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ВРЗДОРОВЬЕ – МЕТОД РЕАБИЛИТАЦИИ РАВНОВЕСИЯ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРОЕКЦИИ ТУЛОВИЩА В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ» ПРОГРАММА «ВРЗДОРОВЬЕ» (ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ №23088), СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ 1086



- КУРС: 8-10 ЗАНЯТИЙ
- 4 ИГРОВЫХ СЦЕНАРИЯ, СТЕПЕНЬ СЛОЖНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДБИРАЛАСЬ С ВОЗМОЖНОЙ ПРОГРЕССИЕЙ

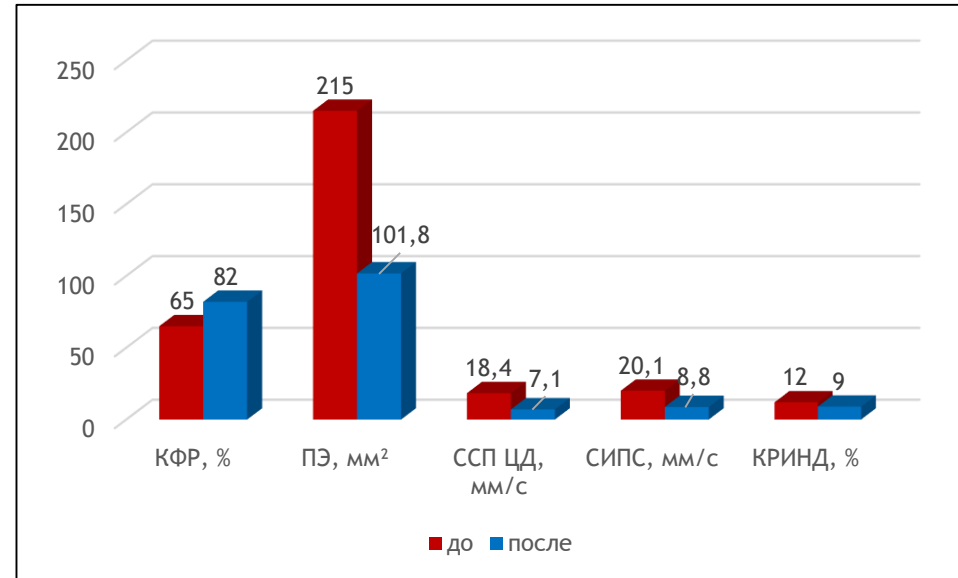
Эффективность

- **ВЕСТИБУЛОМЕТРИЯ** (ДО - СКРЫТЫЙ СПОНТАННЫЙ НИСТАГМ, ОДНОСТОРОННЯЯ ВЕСТИБУЛЯРНАЯ АРЕФЛЕКСИЯ ПО ДАННЫМ КАЛОРИЧЕСКОЙ ПРОБЫ)
- **ВВМП** – (ДО - ОДНОСТОРОННЕЕ ВЫПАДЕНИЕ)
- **МЕТОД СТАБИЛОМЕТРИИ**
- **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЛА В СРЕДЕ ВР ПО РАЗРАБОТАННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ:**
 - (ПЛОЩАДЬ ОПОРНОГО КОНТУРА ПОСТУРАЛЬНОЙ ОСИ ТЕЛА (ПОК ПО, ММ²)
 - СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ ОСИ ТЕЛА (ССП ПО, ММ/С)
- **ШКАЛА БЕРГА**

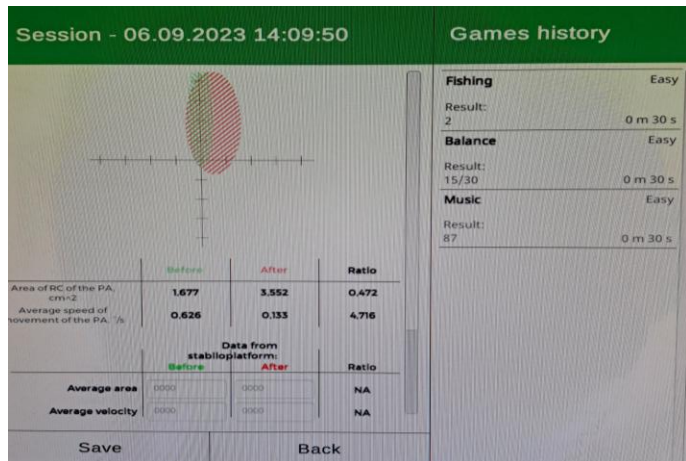


Результаты

Динамика показателей статокнезиограммы в тесте Ромберга,
n=33, Me [25%; 75%]



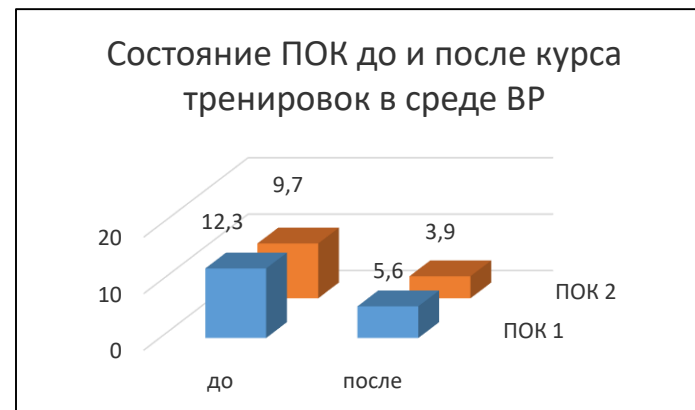
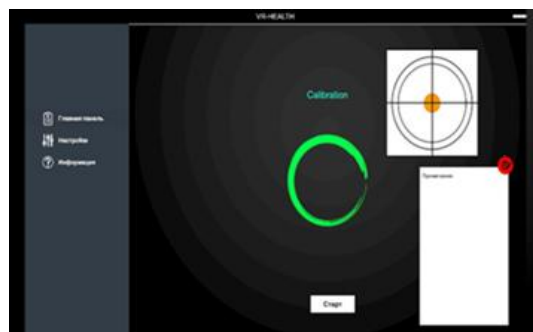
- ССП ЦД, мм/с - скорость перемещения центра давления
- СИПС, мм/с – скорость изменения площади статокнезиограммы
площадь эллипса
- КФР % - качество функции равновесия
- КРИНД, % - коэффициент резкого изменения направления
движения
- ПЭ, % – площадь эллипса



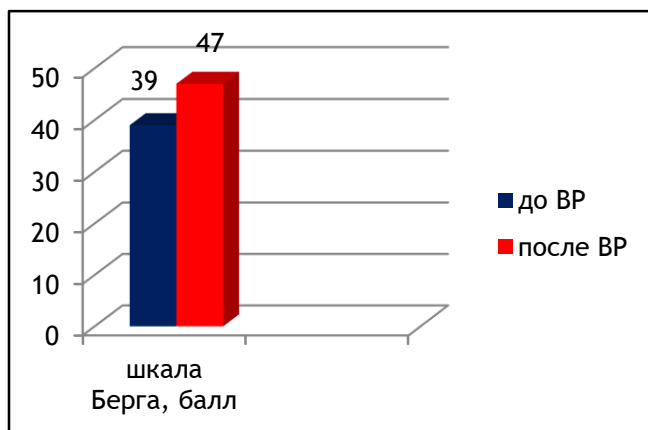
Fishing	Easy
Result:	2 0 m 30 s
Balance	Easy
Result:	15/30 0 m 30 s
Music	Easy
Result:	87 0 m 30 s

Результаты

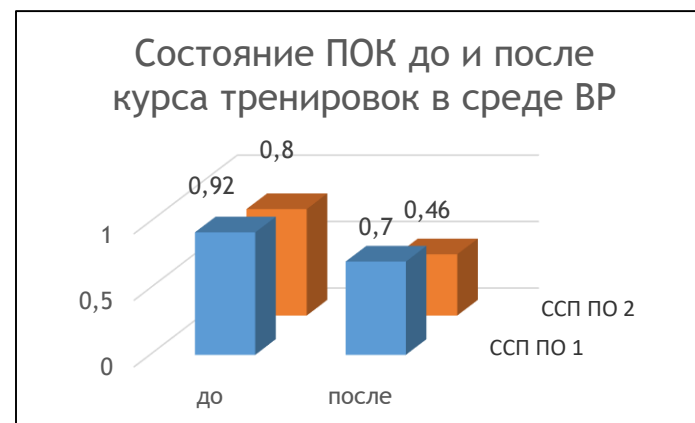
Динамика разработанных показателей устойчивости тела в среде виртуальной реальности до и после курса n=33, Me [25%; 75%]



Динамика показателя ПОК в ВР



* при $p < 0,05$ по критерию Уилкоксона



Динамика показателя ССП ПО в ВР

Выводы и перспективы виртуальной реальности



- ВОЗДЕЙСТВИЕ АФФЕРЕНТНЫХ СТИМУЛОВ ВР (ЗРИТЕЛЬНЫХ, АУДИАЛЬНЫХ, ПРОПРИОЦЕПТИВНЫХ) МОЩНО СТИМУЛИРУЕТ ПРОЦЕССЫ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ
- ПАЦИЕНТ, ПОМЕЩЕННЫЙ В ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО С КОНФЛИКТУЮЩИМИ СЕНСОРНЫМИ ВХОДАМИ УЛУЧШАЕТ СВОЮ СЕНСОРНУЮ АДАПТАЦИЮ, НЕОБХОДИМУЮ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ

Выводы и перспективы виртуальной реальности



- РЕОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ РАВНОВЕСИЯ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЭФФЕРЕНТНОГО ОТВЕТА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАК В ИГРОВОМ СЦЕНАРИИ, ТАК И С ПОСЛЕДУЮЩИМ ПЕРЕНОСОМ ДВИГАТЕЛЬНОГО ПАТТЕРНА В РЕАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО
- СРЕДА ФОРМИРОВАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ НОВЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ СТЕРЕОТИПОВ
- ПОЗВОЛЯЕТ РАБОТАТЬ С КИНЕЗИОФОБИЕЙ

Благодарю за внимание!

