



СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК ФАКТОР УСПЕШНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

КОВАЛЕВ А.И.*, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

МЕНЬШИКОВА Г.Я.**², Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: gmenshikova@gmail.com

КЛИМОВА О.А.***³, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: Okli07@yandex.ru

БАРАБАНИЦКОВА В.В.****⁴, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия,
e-mail: vvb-msu@bk.ru

Исследования психофизиологического состояния человека-оператора и его адаптивных возможностей с помощью технологий виртуальной реальности получают все большее распространение в мировой когнитивной психологии и физиологии. Полимодальное воздействие на человека различного рода стимулов, продуцируемое виртуальной средой, требует от человека формирования систем интеграции сенсорной и когнитивной информации. Одной из таких систем является вестибулярная функция, нарушение работы которой приводит к возникновению симуляторного расстройства. Цель данного исследования состояла в оценке влияния профессиональной деятельности индивидов со схожей степенью развития вестибулярной функции на успешность противодействия возникновению симуляторного расстройства. В качестве объективного показателя успешности были выбраны показатели глазодвигательной активности. В эксперименте приняли участие спортсмены-профессионалы (кандидаты в мастера спорта и мастера спорта) – 30 фигуристов, 30 ушуистов, 30 футболистов (экспериментальные группы), а также 20 студентов (контрольная группа). Было показано, что показатели количества фиксаций, саккад и морганий, амплитуды саккад у фигуристов значимо отличаются ($p \leq 0,001$) от аналогичных показателей остальных спортсменов и студентов, а кроме того, именно фигуристы обнаруживают наименьшую склонность к развитию выраженного симуляторного расстройства.

Ключевые слова: виртуальная реальность, профессиональная деятельность, симуляторное расстройство, движения глаз, спорт.

Для цитаты:

Ковалев А.И., Меньшикова Г.Я., Климова О.А., Барабаницкова В.В. Содержание профессиональной деятельности как фактор успешности применения технологий виртуальной реальности // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 45–59. doi:10.17759/exppsy.2015080205.

*Ковалев А.И. Младший научный сотрудник, лаборатория «Восприятие», факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

**Меньшикова Г.Я. Доктор психологических наук, заведующий лабораторией «Восприятие», факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: gmenshikova@gmail.com

***Климова О.А. Аспирант, кафедра психологии труда и инженерной психологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: Okli07@yandex.ru.

****Барабаницкова В.В. Кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии труда и инженерной психологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: vvb-msu@bk.ru



Введение

В последнее десятилетие технологии виртуальной реальности прочно заняли свое место в различного рода психологических исследованиях, включающих исследования в социальной, клинической и организационной психологии (Зинченко и др., 2010). Технология виртуальной реальности – это комплекс средств визуализации, включающий в себя как специализированные установки виртуальной реальности (CAVE-системы, системы дополненной реальности, HMD-шлемы, сферические дисплеи), так и более простые устройства – широкоформатные проекционные 3D-дисплеи, 3D-кинотеатры, очки виртуальной реальности. На первых этапах исследований особенностей формирования профессиональных операторских навыков (в первую очередь для тренировки пилотов в космонавтике и авиации) с применением технологий виртуальной реальности ученые выявили негативные последствия погружения человека в виртуальную среду. К такого рода негативным реакциям относятся: головокружение, тошнота, потеря ориентации в пространстве, потеря устойчивости позы, затруднения в выполнении двигательных актов. Кроме этого, многие участники исследований отмечали стойкое ощущение перемещения собственного тела в пространстве во время взаимодействия с виртуальной средой, в то время как сами они оставались совершенно неподвижными. Данные негативные реакции поначалу пытались объяснить несовершенством самих технологий виртуальной реальности (Вюсса, 1992). Однако было показано, что их усовершенствование (повышение степени детализации изображения, усиление интерактивности, введение систем динамического изменения изображения в зависимости от изменения позиции испытуемого) не снижает, а, напротив, усиливает такого рода реакции: они становятся более выраженными, а их латентное время уменьшается (Bailey et al., 1994).

Комплекс возникающих у субъекта дискомфортных ощущений в ходе нахождения и деятельности в установках виртуальной реальности сначала был отнесен к так называемому локомоционному расстройству (*motion sickness*), которое отмечается у людей во время укачивания, морской болезни или после посещения центрифуги. Было выдвинуто предположение о том, что локомоционное расстройство возникает из-за сенсорного конфликта между вестибулярными и зрительными сигналами (Reason, 1978). Например, человек, находящийся в каюте корабля, видит неподвижную обстановку каюты, но воспринимает движения собственного тела (сигналы вестибулярного канала) – такое рассогласование воспринимаемых стимулов порождает перцептивный конфликт и, в конечном итоге, приводит к возникновению морской болезни.

Однако далее для описания дискомфортных ощущений, возникающих у человека-оператора при его взаимодействии с системами виртуальной реальности, были введены другие термины, способные охарактеризовать степень выраженности симптоматики и ее разнообразие. Так, было показано, что воздействие систем виртуальной реальности, в отличие от воздействия центрифуги, носит избирательный характер – испытуемые продемонстрировали различную степень выраженности симптоматики от полного ее отсутствия до невозможности более 2 минут находиться в виртуальной среде (Keshavarz, Berti, 2014). Результаты других исследований свидетельствуют о высокой степени воздействия виртуальной среды на психофизиологическое состояние и жизнедеятельность человека-оператора: в одном из экспериментов из 1102 испытуемых 142 человека (12,9%) остановили эксперимент, а 960 человек отметили в самоотчете высокую степень дискомфорта во



время выполнения задачи (Stanney et al., 2003). Термины, используемые для описания расстройств, часто отражали тип виртуальной установки: «симуляторное расстройство», или «тренажерное расстройство» (*simulator sickness*), возникающее в авиа-, авто-, мото- симуляторах (Kennedy et al., 1993), «киберрасстройство» (*cybersickness*), возникающее при игре в видеоигры на больших дисплеях (McLeod et al., 2008), «кинотеатровое расстройство» (*cinema sickness*), возникающее при просмотре фильмов в 3D-кинотеатрах (Griffin, 2012). Самым распространенным из-за краткости стал термин «векция» (от англ. *vection* – перенос, передача), применяющийся, в первую очередь, для описания особенностей и последствий зрительного воздействия (Nettinger et al., 1990). В то же время этим термином обозначают иллюзию собственного движения тела, возникающую в виртуальной реальности, которая рассматривается как один из симптомов симуляторного расстройства. Данный симптом, возникающий при просмотре видео на широкоформатных экранах, оказался настолько распространенным, что в 2005 г. Международная организация по стандартизации (ISO) обязала производителей широкоформатных дисплеев проводить перед выводом продукции на рынок специальные тесты на потенциальную возможность индуцировать иллюзию векции у пользователей.

В связи с этим возникла задача оценки силы воздействия устройств виртуальной реальности на человека и определения психических качеств людей, устойчивых к такого рода воздействиям. Попытки исследователей использовать вегетативные реакции в качестве критериев оценки воздействия технологий виртуальной реальности не привели к положительным результатам, поскольку вегетативные реакции позволяют измерить лишь неспецифическую стрессовую реакцию человека на окружающую обстановку, обладающую широкой вариативностью (Harm, Schlegel, 2002). В связи с этим наибольшее распространение получили методы субъективной оценки выраженности симптомов психофизиологического дискомфорта.

Примером методики такого рода является общепризнанный опросник «Симуляторные расстройства» (*Simulator sickness questionnaire*) (Kennedy et al., 1993). Данная методика была разработана Р.С. Кеннеди с коллегами на основе опросника «Расстройства движения» (*Pensacola motion sickness questionnaire*, или MSQ), созданного специалистами Национального Аэрокосмического Агентства США в рамках программы оценки состояния будущих космонавтов после тренировок в центрифугах и бассейне, имитирующих состояние невесомости (Kellogg, Kennedy, Graybiel, 1964). Группа Р.С. Кеннеди провела факторный анализ MSQ на основе данных более тысячи испытуемых, проходивших тестирование на обычных симуляторах, разработанных для пилотов гражданских авиалиний. По каждому из 16 пунктов опросника испытуемый отмечает одну из четырех степеней выраженности обозначенного ощущения – «не ощущаю» (*none*), «незначительно ощущаю» (*slight*), «умеренно ощущаю» (*moderate*) и «ощущаю сильно» (*severe*). В результате было выделено три фактора – тошнота, глазодвигательные реакции, потеря ориентации. По трем факторам можно посчитать общий результат (*Total score*) для каждого испытуемого: чем он больше, тем значительнее воздействие симулятора.

Поскольку симуляторное расстройство возникает не у всех испытуемых, а степень его выраженности зависит от того, насколько человек может приспосабливаться к виртуальной среде, многими авторами было высказано предположение о широкой вариативности данной способности и значительных отличиях между индивидами, обусловленных профессиональным опытом и навыками погружения в виртуальную реальность (Mon-Williams, Wann,



Rushton, 1995). В экспериментах П. А. Говарда (Howarth, Costello, 1997), основной целью которых была оценка негативного воздействия шлемов виртуальной реальности различных фирм-производителей, испытуемые в течение часа играли в компьютерную игру – шутер. Результаты исследования свидетельствовали о том, что выраженность симуляторного расстройства зависит не от технических особенностей шлема, а от длительности игрового опыта: испытуемые, которые имели больший опыт компьютерных игр, особенно в авто- и авиа-симуляторы, получили меньший балл по опроснику «Симуляторные расстройства». Полученные в исследовании влияния контроля субъектом виртуальной среды на его психофизиологическое состояние результаты (Sharples et al., 2008) обнаружили снижение дискомфортных ощущений в ситуации, когда испытуемые имели возможность активно перемещаться внутри среды (лишь некоторые испытуемые жаловались на неприятные, дискомфортные ощущения). Было также показано, что участники, успешно прошедшие испытание, чаще в своей практике взаимодействовали с компьютерными средами, что позволило им быстрее приспособиться к управлению и особенностям отображения перемещения в виртуальной среде.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для подготовки человека к воздействию виртуальных сред и взаимодействию с ними необходимо разработать специальные методики объективной оценки психофизиологических нарушений, возникающих при взаимодействии человека-оператора с такого рода системами. В настоящей работе в качестве такой методики оценки подготовленности человека к нахождению в виртуальной среде предлагается использовать параметры движения глаз во время наблюдения виртуальных событий.

Глазодвигательная активность и ее динамика давно рассматриваются в качестве одного из критериев оценки симуляторного расстройства. Согласно глазодвигательной теории С.М. Эбенгольца и его коллег (Ebenholtz, Cohen, Linder, 1994), именно проприоцептивные сигналы от глазных мышц во время активного рассматривания виртуальной сцены в ситуации стационарного положения тела наблюдателя и являются одной из причин возникновения иллюзии векции. Другой, не менее важной причиной, является нарушение вестибулярной функции, отвечающей за определение положения и ориентации тела в пространстве на основе получаемой человеком сенсорной и когнитивной информации. Кроме того, были высказаны предположения о важной роли вестибуло-окулярного рефлекса при виртуальных движениях пользователя в виртуальной среде (Смит, 2005; Authie, Mestre, 2011).

Программа исследования

В данной работе стояла задача изучения глазодвигательных показателей в виртуальной среде как индивидуальных индикаторов подготовленности субъекта к взаимодействию с ней. Проблема поиска адекватных критериев оценки степени адаптированности человека к сложным условиям взаимодействия с виртуальной средой, несмотря на свою актуальность, остается мало изученной. Наша гипотеза состоит в том, что люди, обладающие в силу своей профессиональной деятельности устойчивой вестибулярной функцией, менее подвержены симуляторным расстройствам; основным критерием оценки степени приспособленности субъекта к взаимодействию с такой средой является динамика его глазодвигательной активности.

Высокоустойчивой вестибулярной функцией обладают, в первую очередь, спортсмены, которые имеют большой опыт выполнения сложных элементов с вращением, в част-



ности, фигуристы. Программа фигурного катания включает в себя выполнение комбинированных упражнений, в которых преобладают ациклические движения. Многообразие форм движений, различный характер прилагаемых усилий требуют развития у фигуристов разных по характеру физических качеств (Абсалямова, Беляева, Жгун, 1992). Данный вид спорта оказывает огромное влияние не только на развитие двигательного аппарата, но и на функции сенсорных систем организма (Мишин, 1985).

Следующим видом спорта, или видом боевого искусства, в котором успешные результаты обеспечиваются развитой способностью индивида как к сохранению устойчивости позы, так и к точной координации двигательных движений, является ушу. Так же как и фигуристы, ушуисты выполняют программу, состоящую из большого числа последовательных двигательных элементов. Заданная ритмика движений и ограниченное пространство действия вкупе с многообразием элементов программы требуют высокоразвитой вестибулярной функции, позволяющей эффективно перераспределять вес тела и напряжение мышц. При этом профессиональная деятельность ушуистов отличается от фигуристов строгостью и точностью выполняемых двигательных актов и их четким разграничением (Спортивная психология, 2002).

Другим видом спорта, который отличается динамичностью и большим пространством действий, является футбол. В работу вестибулярного аппарата футболистов большой вклад вносит зрительная система, так как успешность тактических действий игрока на футбольном поле зависит от точности и быстроты оценки игровой ситуации на большом пространстве поля. В этом футболисты схожи с фигуристами, зрительная система которых должна производить точную оценку как общего пространства выполнения элементов с учетом скольжения, поворотов и разбега, так и выполнения отдельного элемента – захода и выхода из него (McLeod et al., 2008).

С учетом основной цели и задач исследования, а именно, проверки влияния работы вестибулярной и зрительной систем на устойчивость к возникновению симуляторных расстройств, была сформирована выборка испытуемых. В качестве испытуемых основной экспериментальной группы выступили: а) 30 фигуристов в возрасте от 15 до 24 лет (18 женщин и 12 мужчин), из которых 21 фигурист имел разряд «Мастер спорта» и 9 – «Кандидат в мастера спорта»; б) 30 футболистов в возрасте от 15 до 20 лет (30 мужчин), из которых 7 футболистов имели разряд «Мастер спорта» и 23 футболиста – «Кандидат в мастера спорта»; в) 30 ушуистов в возрасте от 16 до 21 года (19 мужчин и 11 женщин), 20 из которых имели разряд «Мастер спорта» и 10 – «Кандидат в мастера спорта». В качестве контрольной группы выступили 20 студентов (9 мужчин и 11 женщин) различных факультетов МГУ имени М. В. Ломоносова, не состоящих в центральной спортивной секции МГУ и не занимающихся профессионально каким-либо видом спортивной деятельности. Все испытуемые имели нормальное или скорректированное зрение, а также не имели органических поражений вестибулярного аппарата и травм головного мозга.

Особое внимание необходимо уделить характеристикам выборок испытуемых. На основании анализа спортивной деятельности испытуемых каждой из экспериментальных групп можно сделать вывод о том, что именно фигуристы могут продемонстрировать высочайший уровень владения двигательной системой, в то время как остальные группы спортсменов отличаются значительно меньшей нагрузкой на вестибулярную систему. В табл. 1 представлен сравнительный анализ спортивной деятельности фигуристов, ушуистов и футболистов, основанный на сопоставлении ситуаций соревнований.



Таблица 1

Анализ деятельности спортсменов в ситуации соревнований

Задачи деятельности	Средство деятельности	Результат деятельности
Фигуристы		
Артистизм. Точность движений. Четкость двигательных элементов	Художественный образ. Координация. Равновесие. Скорость реакции. Вестибулярная функция (при исполнении вращений)	Демонстрация уровня мастерства при целостном художественном исполнении соревновательной программы, четкое выполнение элементов, победа на соревнованиях
Ушуисты		
Артистизм. Точность движений. Четкость двигательных элементов	Художественный образ. Равновесие. Координация. Скорость реакции	Демонстрация уровня мастерства при целостном художественном исполнении соревновательной программы, четкое выполнение элементов, победа на соревнованиях
Футболисты		
Активное проведение приемов, прямо или косвенно ведущих к командной победе	Координация. Быстрота. Скорость реакции	Зависит от амплуа спортсмена. Например, у вратаря это количество пропущенных мячей, а у нападающего – количество забитых голов

Фигуристы, ушуисты и футболисты относятся к высококвалифицированным спортсменам (Hutter, Oldenhof-Veldman, Oudejans, 2015), однако между данными группами спортсменов имеются существенные различия в стратегических и тактических приемах осуществления соревновательной спортивной деятельности. Спортивная подготовка футболистов отличается четкой специализацией (вратарь, защитник, нападающий), а, следовательно, небольшим репертуаром тактико-стратегических приемов, которыми необходимо овладеть. Специфика ушу и фигурного катания, напротив, предполагает формирование целостного художественного образа спортивной программы, основанного на использовании выразительных средств и четкого выполнения требуемого набора элементов, т. е. спортивная деятельность этих групп спортсменов отличается большей универсальностью. Сложнейшим в этом случае является именно фигурное катание, где к вышеизложенным требованиям добавляется высокая скорость выполнения элементов и значительная нагрузка на вестибулярную функцию спортсмена, связанная с выполнением необходимого для квалификации элемента – вращения. Высокоустойчивую вестибулярную функцию можно назвать своеобразным профессионально важным качеством фигуриста; эта функция развивается у спортсменов в ходе ранней профессиональной специализации (около 4–5 лет) в связи с постоянной нагрузкой на вестибулярный аппарат при выполнении сложно координационных прыжков, вращений и поддержек. Аналогичные профессиональные качества развиваются также у спортсменов-ушуистов, однако из-за меньшего количества вращательных движений их вестибулярная функция развивается в значительно меньшей степени.

Поскольку испытуемые – представители различных видов спорта (фигуристы, ушуисты и футболисты) – обладают различной степенью устойчивости вестибулярной функции, в эксперименте было создано 3 виртуальные среды. В первую очередь, виртуальные



среды отличались шириной поля зрения – чем больше ширина поля зрения, тем выше вероятность возникновения симуляторного расстройства (Keshavarz, Berti, 2014). В качестве виртуальной среды использовался набор ярких шариков, которые, как единое целое, вращались вокруг испытуемого. Шарик имел синий цвет, их диаметр составлял в первом, втором и третьем условиях 5 см, 10 см и 15 см, соответственно. Всего использовалось 256 шариков. В центре экрана была установлена фиксационная точка. Ширина поля зрения варьировалась следующим образом: в 1 условии – все шарики располагались исключительно в центральной части фронтального экрана с шириной угла обзора, равной 45° , во 2 условии – все шарики располагались во фронтальной зоне с шириной угла обзора в 90° , а в 3 условии – все шарики занимали все поле зрения испытуемого с шириной угла обзора, равной 180° . Три условия были выбраны в соответствии с параметрами различных углов обзора, которым обладают фигуристы при выполнении различных элементов программы. Таким образом, в качестве независимых переменных выступили межгрупповой четырехуровневый фактор и внутригрупповой трехуровневый фактор.

Согласно инструкции, испытуемые должны были стоять неподвижно в центре комнаты виртуальной реальности и фиксировать взгляд на фиксационной точке.

В качестве индикатора выраженности векции использовались показатели движения глаз – количество фиксаций, морганий и саккад, амплитуда саккад, а также результаты, полученные по опроснику «Симуляторные расстройства». Испытуемым предлагалось заполнить опросник после выполнения каждого из условий эксперимента, следовательно, одним испытуемым было заполнено три одинаковых опросника. Испытуемый стоял в центре экспериментальной комнаты и в статичном положении наблюдал за вращением вокруг него стимуляции по криволинейной траектории в течение двух минут (в каждом экспериментальном условии). Временные промежутки между условиями составляли 5 минут. Последовательность предъявления условий для всех испытуемых сохранялась одинаковой – от первого до третьего. Рандомизация условий не применялась из-за возможной неодинаковой силы воздействия виртуальной среды.

Для демонстрации стимуляции была использована установка виртуальной реальности CAVE-system (CAVE active virtual environment). Установка состоит из четырех больших плоских квадратных экранов, соединенных в куб (рис. 1).



Рис 1. Общий вид экспериментальной установки виртуальной реальности CAVE-system



За кубом располагаются четыре проектора, каждый из которых проецирует изображение на соответствующий экран. Проекторы поочередно проецируют картинки для левого и правого глаза. На экраны проецируется деформированное изображение таким образом, чтобы наблюдатель не замечал искажения перспективы и наличия граней куба. Система работает под управлением 5 компьютеров: 4 компьютера рассчитывают изображения для каждого экрана и один мастер-компьютер обеспечивает их синхронизацию и работу систем трекинга положения наблюдателя в системе виртуальной реальности.

Для регистрации движения глаз использовался прибор SMI Eyetracking glasses. Отслеживание траектории движения и положения глаз обеспечивается двумя небольшими камерами, которые размещены в дужках очков, в то время как третья камера, расположенная по центру (на переносице), ведет запись того, что попадает в поле зрения испытуемого. Частота записи равна 30 Гц. Выделение фиксации производилось по алгоритму Dispersion Threshold Identification со следующими параметрами: предельная величина дисперсии – 20 пикселей, минимальная продолжительность фиксации – 50 мс.

Программное обеспечение для установки виртуальной реальности было написано в специальной среде Virtools 4.0. Обработка данных проводилась при помощи пакета SPSS 17.0.

Результаты и их интерпретация

Полученные данные были проанализированы методом двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями. М-тест Бокса не достигает уровня статистической значимости (M Бокса=1523,838, $F=3,369$, $df=396$, $p=0,996$), следовательно, дисперсионно-ковариационные матрицы статистически достоверно не различаются, и результаты многомерных тестов могут быть приняты к рассмотрению.

Многомерные тесты показывают статистически значимые влияния факторов «Номер условия» ($F=77,867$, $df=16$, $p\leq 0,001$) и «Принадлежность к профессиональной группе» ($F=2,544$, $df=24$, $p\leq 0,001$) на исследованные переменные. При этом взаимодействие между факторами также достигает значимого уровня ($F=2,471$, $df=48$, $p\leq 0,001$). То есть обнаружена разнонаправленность динамики показателей глазодвигательной активности и показателей опросника в зависимости от принадлежности к той или иной группе.

В табл. 2 представлены результаты дисперсионного анализа, свидетельствующие о наличии значимой взаимосвязи между динамикой показателей глазодвигательной активности и показателей наличия симуляторного расстройств ($p\leq 0,001$) и динамикой показателей ширины угла обзора испытуемых, а также об их вариативности между группами испытуемых.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа

		df	F	Уровень значимости
Ширина угла обзора	Количество морганий	2	156,556	0,001
	Количество фиксаций	2	39,040	0,001
	Количество саккад	2	2,543	0,001
	Амплитуда саккад	2	2,292	0,001
	Общий балл опросника	2	383,424	0,001
условие × группа	Количество морганий	6	5,367	0,001
	Количество фиксаций	6	1,981	0,001
	Количество саккад	6	1,327	0,001
	Амплитуда саккад	6	3,322	0,001
	Общий балл опросника	6	14,121	0,001



Подробный анализ показателей по методу апостериорных критериев указывает на отсутствие значимых отличий между средними значениями всех зависимых переменных в разных группах испытуемых ($p > 0,05$) как в первом, так и во втором условиях предъявления стимуляции (ширина угла обзора 45° и 90° , соответственно) (рис. 2). При этом сами условия, как показала проверка по методу внутригрупповых контрастов, значительно отличаются между собой по всем показателям глазодвигательной активности испытуемых и значениям общего показателя наличия симуляторного расстройства ($p \leq 0,001$).

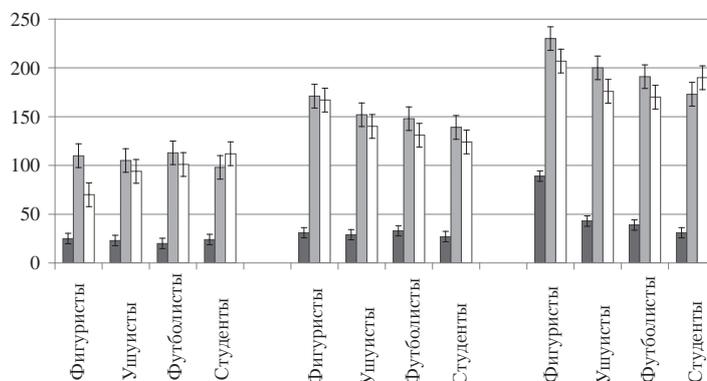


Рис. 2. Средние значения числа морганий, фиксаций и саккад испытуемых для трех условий предъявления стимуляции (ширина угла обзора 45° , 90° и 180° соответственно), ■ – среднее число морганий, ■ – среднее число фиксаций, □ – среднее число саккад

В первом условии испытуемые как экспериментальной, так и контрольной группы совершают в среднем одинаковое количество морганий (23), фиксаций (106) и саккад (94) с амплитудой в среднем $7,3$ градуса, что свидетельствует в пользу наличия у испытуемых способности к фиксации взгляда на точке (рис. 2). Значение общего балла по опроснику «Симуляторные расстройства» также невелико – в среднем 201, а испытуемые в самоотчетах после наблюдения стимуляции в первом условии не указывали на возникновение дискомфортных условий. Ненулевое значение общего балла по опроснику объясняется тем, что испытуемые отмечали такие общие пункты как «скука» или «утомление», мотивируя это тем, что им действительно было скучно наблюдать за движением точек.

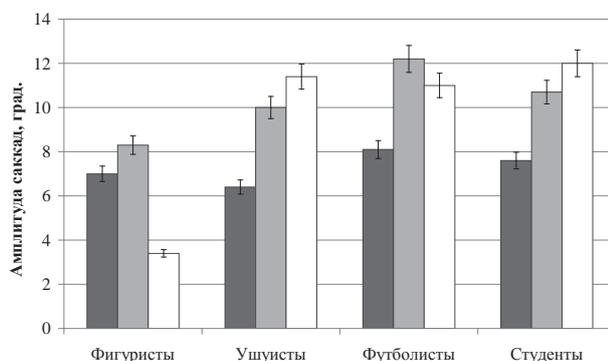


Рис. 3. Средние значения амплитуд саккад (■ – угол обзора 45° , ■ – угол обзора 90° , □ – угол обзора 180°)

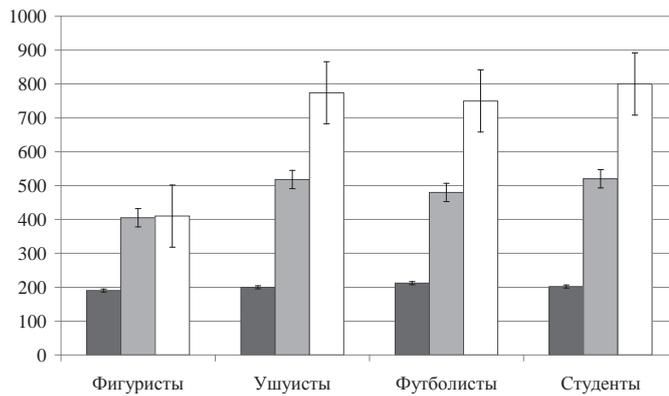


Рис. 4. Средние значения общего балла опросника «Симуляторные расстройства» (■ – угол обзора 45°, ■ – угол обзора 90°, □ – угол обзора 180°).

Второе условие отличается от первого значимым возрастанием у всех групп испытуемых глазодвигательной активности по сравнению с первым условием ($p < 0,001$). При этом были выявлены различия в амплитуде саккад у фигуристов по сравнению с другими группами испытуемых (8 градусов против в среднем 10,3 у футболистов, ушуистов и студентов). На основании данных о том, что количество фиксаций у испытуемых группы фигуристов имеет незначительную, но в общем явную тенденцию к росту по сравнению с количеством фиксаций и саккад у испытуемых остальных исследованных групп (171 против 152) и саккад (167 против 140), можно сделать вывод о развитии у них приспособительного навыка к изменившимся условиям среды (Рис. 3). Показатели наличия симуляторного расстройства у фигуристов также характеризуются менее значительным ростом во втором условии (405 против 480) (Рис. 4). Увеличение значений баллов по опроснику связано с тем, что испытуемые начинают отмечать такие пункты как «напряжение глаз» и «ощущение вращения окружающего мира». В своих самоотчетах студенты, футболисты и ушуисты указывают на возникновение векции и на то, что стало сложнее удерживать взгляд на фиксационной точке.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о различиях между показателями глазодвигательной активности и показателями наличия симуляторного расстройства между группами испытуемых в третьем (ширина угла обзора 180°) и других условиях (Рис. 2). Так, испытуемые группы фигуристов характеризуются значительным ростом количества морганий, фиксаций и саккад при уменьшении амплитуд саккад в среднем до 3,4 градуса. Показатели наличия симуляторного расстройства (согласно анализа данных опросника «Симуляторное расстройство») у фигуристов остаются неизменными, в то время как у испытуемых остальных групп показатели наличия симуляторного расстройства характеризуются заметным ростом (до 800 баллов) – ушуисты, футболисты и студенты отмечают такие реакции как «головокружение при открытых глазах», «тошнота». В своих самоотчетах фигуристы не указывают на наличие дискомфортных состояний, в то время как испытуемые других исследуемых групп, напротив, указывают на выраженный дискомфорт, а в некоторых случаях признаются, что с трудом смогли дождаться окончания действия стимуляции.

Таким образом, различная степень ширины угла обзора (с увеличением от меньшего угла к большему) приводит, с одной стороны, к разной степени выраженности симуля-



торного расстройства, а с другой, к изменению глазодвигательной активности, например, в случае фигуристов. Кроме того, субъективная степень дискомфорта, выраженная фигуристами и в самоотчетах и в баллах опросника, оказывается ниже, чем у других испытуемых. Объяснение данного факта лишь с точки зрения высокой мотивации фигуристов к получению наивысших результатов при выполнении задания является недостаточным, поскольку контроль данной побочной переменной осуществлялся путем включения в выборку испытуемых и проведения сравнительного анализа показателей глазодвигательной активности и наличия симуляторного расстройства у представителей иных видов спорта (футболистов и ушуистов), воздействие виртуальной среды на которых, как показали полученные данные, оказалось более значительным.

Таким образом, на основании сравнительного анализа показателей глазодвигательной активности и наличия симуляторного расстройства можно сделать вывод о том, что именно фигуристы характеризуются наибольшей адаптивной способностью к условиям виртуальной среды, в то время как представители других видов спорта не отличаются по исследуемым показателям от нетренированных студентов. Успешное противостояние фигуристов симуляторному расстройству можно объяснить более развитой вестибулярной функцией, что является, при условии ранней профессиональной специализации, необходимым профессионально важным качеством представителей данного вида спорта. Характерные изменения в показателях движений глаз, по нашему мнению, связаны с особенностью спортивной деятельности фигуристов. Многочисленные ускорения и замедления, наклоны и вращения, сложность сохранения равновесия на малой площади опоры повышают тонкость анализа положений и перемещений тела и развивают вестибулярный аппарат; возрастает мышечно-суставная и тактильная чувствительность, точность глазомера, дифференцировка слуховых ощущений, способность к комплексному восприятию информации от многих сенсорных систем («чувство льда») (Чайковская, 2003).

Одним из основных профессионально важных качеств футболистов является способность к ориентации в пространстве дистантных стимулов, развитие которой происходит в процессе командного взаимодействия и особенно при организации совместного противостояния противникам или при слежении за единичным объектом (мячом) во время игры. Поэтому достаточно парадоксальными являются полученные в исследовании результаты, свидетельствующие о том, что в случае наиболее широкого угла обзора у футболистов появляются негативные симптомы (головокружение и тошнота), ведь именно футболисты должны обладать развитой способностью к удержанию под контролем всего поля игры: в данном случае можно было бы предположить, что стимуляция, состоящая из отдельных точек, должна была индуцировать глазодвигательную активность и процесс слежения за множеством однородных объектов (схожих с игроками на поле). Однако, судя по отсутствию изменений в количестве фиксации и морганий, этого не произошло, и футболисты в данном случае не осуществляли попыток к отслеживанию и контролю всего поля виртуальной среды, которые могли бы в конечном итоге редуцировать векцию.

В ушу, как и в фигурном катании, все элементы программы доводятся до определенного автоматизма (до «чувства льда» или «чувства ковра»), в то время как на футбольном поле постоянно возникают непредвиденные обстоятельства, а схема игры не может быть полностью алгоритмизирована. Фигуристы, как и спортсмены-ушуисты, перед началом соревнований повторяют одни и те же части программы несчетное количество раз, что приводит к полной автоматизации их деятельности. Для четких и хорошо отточенных движений



спортсмены неоднократно выполняют элементы программы, вследствие чего формируются и поддерживаются их профессионально важные навыки и качества. Тем не менее, ограниченность пространства ведения боя и тренировок ушуистов по сравнению с пространствами катков фигуристов приводит к недостаточной развитости способности к мультисенсорной обработке окружающей стимуляции и вестибулярной функции в целом. Кроме того, динамика выполнения элементов в ушу и фигурном катании отличаются степенью плавности. Если в фигурном катании каждый элемент проистекает из предыдущего, то ушуисты отрабатывают каждый элемент по отдельности и со временными промежутками. Вероятно, такая непостоянная нагрузка на вестибулярную функцию в процессе тренировок не позволяет сформировать устойчивый механизм противодействия ее нарушению в случае постоянно действующего стимула (Jing, 1998).

Выводы

Итак, результаты проведенного нами исследования свидетельствуют о том, что именно фигуристы обладают наиболее развитой функциональной сенсорной системой, позволяющей им оптимизировать свое психофизиологическое состояние и деятельность в объемной зрительной движущейся виртуальной среде даже в ситуации необходимости удержания статичного положения при наблюдении за движущимися объектами среды. Виртуальная среда оказывается не простым устройством предъявления информации, а методом проверки уровня работы механизмов интеграции мультисенсорной информации у человека. Результаты данного эксперимента не только выделяют специфику и свойства систем виртуальной реальности как особого класса научных и практических инструментов (Зинченко и др., 2010), но также описывают специфику работы сенсорных, перцептивных и когнитивных систем человека в целом и вестибулярной системы – в частности, в ситуации его взаимодействия с виртуальной средой.

Метод оценки функционального состояния сенсорной системы человека по показателям его глазодвигательной активности являются эффективным средством объективной оценки успешности взаимодействия субъекта с виртуальной реальностью, предоставляющим исследователю возможности для неинвазивной регистрации исследуемых параметров без строгой фиксации тела человека и получения точных количественных показателей.

Таким образом, предложенный в настоящем исследовании методический подход к изучению психофизиологического состояния человека-оператора открывает новый путь к объективной оценке специфики его реагирования в сложных условиях окружающей среды путем моделирования таковой с помощью технологий виртуальной реальности. С нашей точки зрения, нахождение человека в виртуальной среде не только не ухудшает способности человека к эффективному функционированию, а напротив, активизирует адаптивные возможности его организма.

Литература

- Абсалямова И. В., Беляева А. Ю., Жгун Е. В. Пособие по синхронному катанию на коньках: Точные линии М.: ГЦОЛИФК, 1992. 36 с.
- Зинченко Ю. П., Меньшикова Г. Я., Баяковский Ю. М., Черноризов А. М., Войскунский А. Е. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал. 2010. Т. 2. № 4. С. 64–72.
- Мишин А. Н. Фигурное катание на коньках: учебник для ин-тов физ. культуры. М.: Физкультура и спорт, 1985.



- Смит К.Ю.М. Биология сенсорных систем. М.: Бином, 2005. 583 с.
- Спортивная психология в трудах отечественных специалистов / Сост. и общ. ред. И.П. Волкова. СПб.: Питер, 2002. 384 с.
- Чайковская Е.А. Фигурное катание. Физкультура и спорт. 3-е изд. Москва, 2003, 160 с.
- Authié C.N., Mestre D.R. Optokinetic nystagmus is elicited by curvilinear optic flow during high speed curve driving // *Vision research*. 2011. Vol. 51. № 16. P. 1791–1800. doi:10.1016/j.visres.2011.06.010.
- Bailey L., Denis J.H., Goldsmith G., Hall P.L., Sherwood J.D. A wellbore simulator for mud-shale interaction studies // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 1994. Vol. 11. № 3. P. 195-211, doi:10.1016/0920-4105(94)90040-X.
- Biocca F., Will simulation sickness slow down the diffusion of Virtual Environment technology? // *Presence: Teleoperators Virtual Environments*. 1992. Vol. 1. № 3. P. 334–343.
- Ebenholtz S.M., Cohen M.M., Linder B.J. The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis // *Aviation Space and Environmental Medicine*. 1994. Vol. 65. P. 1032–1035.
- Griffin M. *Handbook of Human Vibration*. Academic Press, 2012, 988 p.
- Harm D.L., Schlegel T.T. Predicting motion sickness during parabolic flight // *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. 2002. Vol. 97. № 2. P. 116–121. doi:10.1016/S1566-0702(02)00043-7.
- Hettinger L.J., Berbaum K.S., Kennedy R.S., Dunlap W.P., Nolan M.D. Vection and simulator sickness // *Military Psychology*. 1990. Vol. 2. № 3. P. 171–181. doi:10.1207/s15327876mp0203_4.
- Howarth P. A., Costello P.J. The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system // *Displays*. 1997. Vol. 18. № 2. P. 107–116. doi:10.1016/S0141-9382(97)00011-5.
- Hutter R.V., Oldenhof-Veldman T.M., Oudejans R.R. What trainee sport psychologists want to learn in supervision // *Psychology of Sport and Exercise*. 2015. Vol. 16. P. 101–109. doi:10.1016/j.psychsport.2014.08.003.
- Jing C.D.H. Competitive Series of Skills and Tricks in Wushu – the Main Way to Preserve and Develop // *Chinese Wushu Journal of Chehgd University Physical Education Institute*. 1998. Vol. 1.
- Kellogg R.S., Kennedy R.S., Graybiel A. Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers // *Aerospace Medicine*. 1964. Vol. 36. P. 315–318.
- Kennedy R.S., Lane N.E., Kevin S., Berbaum K.S., Lilienthal M.G. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness // *The International Journal of Aviation Psychology*. 1993. Vol. 3. № 3. P. 203–220. doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.
- Keshavarz B., Berti S. Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study // *Behavioural Brain Research*. 2014. Vol. 259. № 1. P. 131–136. doi:10.1016/j.bbr.2013.10.045.
- McLeod P., Reed N., Gilson S., Glennerster A. How soccer players head the ball: A test of optic acceleration cancellation theory with virtual reality // *Vision Research*. 2008. Vol. 48. № 13. P. 1479–1487. doi:10.1016/j.visres.2008.03.016.
- Mon-Williams M., Wann J.P., Rushton S. Design factors in stereoscopic virtual-reality displays *Journal of the Society for information // Display*. 1995. Vol. 3. № 4. P. 207–210. doi:10.1889/1.1984970.
- Reason J.T. Motion sickness adaptation: a neural mismatch model // *Journal of the Royal Society of Medicine*. 1978. Vol. 71. P. 819–829.
- Sharples S., Cobb S., Moody A., Wilson J.R. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems // *Displays*. 2008. Vol. 29. № 2. P. 58–69. doi:10.1016/j.displa.2007.09.005.
- Stanney K.M., Hale K.S., Nahmens I., Kennedy R.S. What to expect from immersive virtual environment exposure: influence of gender, body mass index, and past experience // *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2003. Vol. 45. № 3. P. 504–520. doi:10.1518/hfes.45.3.504.27254.



THE CONTENT OF PROFESSIONAL ACTIVITY AS A FACTOR OF APPLICATION EFFICIENCY OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

KOVALEV A. I.*, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

MENSHIKOVA G. YA.***, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: gmenshikova@gmail.com

KLIMOVA O. A.***, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: Okli07@yandex.ru

BARABANSHIKOVA V. V.****, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: vvb-msu@bk.ru

Nowadays the virtual reality systems get to be more common and widespread in the world. They need users to develop system of the integration systems of sensory and cognitive information, while them creating polymodal effects on man. Vestibular function is one of these systems, and its disruption can lead to simulator sickness. The aim of this study was to find how professional activity of different men with similar vestibular function's degree of development can influence on simulator sickness appearance. Eye movements were chosen as objective measure of successful interaction with virtual reality. There were attended professional athletes: 30 figure skaters, 30 wushu athletes, 30-football players and also 20 students take part as a control group. The results showed the significant different ($p=0,001$) between figure skaters and others by such items as number of fixations, saccades and blinks, and also amplitudes of saccades. At the same time figure skaters get lower scores in simulator sickness questionnaire, which says about less intensity of simulator disorder.

Keywords: virtual reality, professional activity, simulator sickness, eye movements, sport.

References

Absalyamova I. V., Belyaeva A. Yu., Zhgun E. V. *Posobie po sinkhronnomu kataniyu na kon'kakh: Tochnye linii* [The handbook of synchronized skating: accurate lines]. Moscow, GTsOLIFK Publ., 1992. 36 p.

Zinchenko Yu. P., Men'shikova G. Ya., Bayakovskii Yu. M., Chernorizov A. M., Voiskunskii A. E. *Tekhnologii virtual'noi real'nosti: metodologicheskie aspekty, dostizheniya i perspektivy* [Virtual reality technology: the methodological aspects, achievements and outlook]. *Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal* [National psychological journal], 2010, vol. 2, no. 4, pp. 64–72.

For citation:

Kovalev A. I., Menshikova G. Ya., Klimova O. A., Barabanshikova V. V. The content of professional activity as a factor of application efficiency of virtual reality technology. *Ekspperimental'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 45–59 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080205

*Kovalev A. I. Postgraduate Student, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

**Menshikova G. Ya. Dr. Sci. (Psychology), Chair of Laboratory "Perception", Lomonosov Moscow State University. E-mail: gmenshikova@gmail.com

***Klimova O. A. Postgraduate Student, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: Okli07@yandex.ru

****Barabanshikova V. V. Ph.D. (Psychology), Associate Professor, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: vvb-msu@bk.ru



- Mishin A. N. *Figurnoe katanie na kon'kakh: ucheb. dlya in-tov fiz. kul't.* [Figure skating on ice: the handbook for sport institutes]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 1985.
- Smit K. Yu. M. *Biologiya sensornykh sistem* [Biology of sensory systems]. Moscow, Binom, 2005, 583 p.
- Sportivnaya psikhologiya v trudakh otechestvennykh spetsialistov* [Sport psychology in blighty specialists review]. Sost. i obshchaya redaktsiya I. P. Volkova. [Ed. I. P. Volkov] St Petersburg, Piter, 2002. 384 p.
- Chaikovskaya E. A. *Figurnoe katanie* [Figure skating]. Third edition. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 2003.
- Authié C. N., Mestre D. R. Optokinetic nystagmus is elicited by curvilinear optic flow during high speed curve driving. *Vision research*, 2011, vol. 51, no. 16, pp. 1791–1800. doi:10.1016/j.visres.2011.06.010.
- Bailey L., Denis J. H., Goldsmith G., Hall P. L., Sherwood J. D. A wellbore simulator for mud-shale interaction studies. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 1994, vol. 11, no. 3, pp. 195-211. doi:10.1016/0920-4105(94)90040-X.
- Biocca F. Will simulation sickness slow down the diffusion of Virtual Environment technology? *Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 1992, vol. 1, no. 3, pp. 334–343.
- Ebenholtz S. M., Cohen M. M., Linder B. J. The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 1994, vol. 65, pp. 1032–1035.
- Griffin M. *Handbook of Human Vibration*. Academic Press, 2012.
- Harm D. L., Schlegel T. T. Predicting motion sickness during parabolic flight. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 2002, vol. 97, no. 2, pp. 116–121. doi:10.1016/S1566-0702(02)00043-7.
- Hettinger L. J., Berbaum K. S., Kennedy R. S., Dunlap W. P., Nolan M. D. Vection and simulator sickness. *Military Psychology*, 1990, vol. 2, no. 3, pp. 171–181. doi:10.1207/s15327876mp0203_4.
- Howarth P. A., Costello P. J. The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, 1997, vol. 18, no. 2, pp. 107–116. doi:10.1016/S0141-9382(97)00011-5.
- Hutter R. V., Oldenhof-Veldman T. M., Oudejans R. R. What trainee sport psychologists want to learn in supervision. *Psychology of Sport and Exercise*, 2015, vol. 16, pp. 101–109. doi:10.1016/j.psychsport.2014.08.003
- Jing C. D. H. Competitive Series of Skills and Tricks in Wushu – the Main Way to Preserve and Develop Chinese Wushu. *Journal of Chehgd University Physical Education Institute*, 1998, vol. 1.
- Kellogg R. S., Kennedy R. S., Graybiel A. Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers. *Aerospace Medicine*, 1964, vol. 36, pp. 315–318.
- Kennedy R. S., Lane N. E., Kevin S., Berbaum K. S., Lilienthal M. G. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 1993, vol. 3, no. 3, pp. 203-220. doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.
- Keshavarz B., Berti S. Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study. *Behavioural Brain Research*, 2014, vol. 259, no. 1, pp. 131–136. doi:10.1016/j.bbr.2013.10.045.
- McLeod P., Reed N., Gilson S., Glennerster A. How soccer players head the ball: A test of optic acceleration cancellation theory with virtual reality. *Vision Research*, 2008, vol. 48, no. 13, pp. 1479–1487. doi:10.1016/j.visres.2008.03.016.
- Mon-Williams M., Wann J. P., Rushton S. Design factors in stereoscopic virtual-reality displays. *Journal of the Society for Information Display*, 1995, vol. 3, no. 4, pp. 207–210. doi:10.1889/1.1984970.
- Reason J. T. Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 1978, vol. 71, pp. 819–829.
- Sharples S., Cobb S., Moody A., Wilson J. R. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 2008, vol. 29, no. 2, pp. 58–69. doi:10.1016/j.displa.2007.09.005.
- Stanney K. M., Hale K. S., Nahmens I., Kennedy R. S. What to expect from immersive virtual environment exposure: influence of gender, body mass index, and past experience. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2003, vol. 45, no. 3, pp. 504–520. doi:10.1518/hfes.45.3.504.27254.