

# Особенности использования виртуальной реальности в спортивной практике

С.В. Леонов, И.С. Поликанова, Н.И. Булаева, В.А. Клименко

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Поступила 5 марта 2020/ Принята к публикации: 16 марта 2020

## Using virtual reality in sports practice

Sergey V. Leonov, Irina S. Polikanova\*, Natalia I. Bulaeva, Viktor A. Klimenko

Moscow Lomonosov State University, Moscow, Russia

\* Corresponding author E-mail: irinapolikanova@mail.ru

Received March 5, 2019 / Accepted for publication: March 16, 2020

**Актуальность** (контекст) тематики статьи. Использование виртуальной реальности в разных сферах жизни неуклонно растет с каждым годом. Спорт не является исключением. Применение возможностей виртуальной реальности в спорте, в том числе спорте высших достижений, имеет свои преимущества, но, вместе с тем, и свои недостатки, которые будут рассмотрены в настоящей работе.

**Цель данной работы:** отразить все основные аспекты использования технологии виртуальной реальности в спорте, включая историю внедрения данного метода, основные актуальные направления его применения, существующие преимущества и ограничения работы с ним в спортивной практике, в том числе – спорте высших достижений.

**Результаты и выводы.** Показано, что использование технологий виртуальной реальности в спорте обладает целым комплексом преимуществ. Они обусловлены, в частности, снятием ряда ограничений, накладываемых реальными спортивными условиями. Эти технологии позволяют предотвращать травмирование атлетов, допускают создание любых средовых условий (погода, влажность), моделируют различные уровни подготовки соперников и многое другое. Использование возможностей виртуальной реальности позволяет спортсменам не зависеть от экипировки, погоды или места проведения соревнований, поэтому предоставляют возможность заниматься труднодоступными и дорогими видами спорта. Однако существует и целый ряд особенностей, затрудняющих использование виртуальной реальности в спорте. К ним можно отнести проблемы, связанные с технологиями и оборудованием, проблемы оценки переноса навыков.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, спорт, спорт высших достижений, искусственные среды, спортивная подготовка, спортивная психология.

**Background.** The popularity of using virtual reality in various areas of life is growing steadily every year. The use of virtual reality in sports, including sports of the highest achievements, has both advantages and disadvantages that will be considered in this paper.

**The Objective** is to study main aspects of using virtual reality in sports, including the historical aspect of the method, the main current areas of using the method, the existing advantages and limitations of the method for using in sports practice, including sports of the highest achievements.

**Results and conclusions of the study.** It is shown using virtual reality technologies in sports has a whole range of advantages, including removing restrictions imposed by real sports: preventing sport injury; creating environmental conditions (weather, humidity, rivalry, etc.), lack of dependence on sport equipment, weather or location, and the ability to engage in hard-to-reach and expensive sports accordingly. However, there are a number of problems that make it difficult to use virtual reality in sports, in particular, using sport equipment and assessing skill transfer.

**Key words:** virtual reality, sports, sports of highest achievements, artificial environments, sports training.

Системы виртуальной реальности (ВР), изначально создаваемые для индустрии развлечений, теперь все чаще используются в исследовательских целях в различных областях науки. Доступнее стала покупка оборудования виртуальной реальности, накопился обширный мировой опыт создания виртуальных сред и проведения научных экспериментов с применением технологий виртуальной реальности. Для исследователя виртуальная реальность стала но-

вым инструментом, с помощью которого можно решать широкий круг научных задач. ВР предоставляет новые возможности для проведения экспериментов, но она же накладывает определенные ограничения, связанные, с одной стороны, с техническими характеристиками оборудования, а с другой стороны – с требованиями к подготовленности пользователей к работе с этим оборудованием.

В широком контексте ВР является искусственной, техногенной средой, ко-

торая имитирует реальные условия с учетом специально сформулированных требований и в контролируемых режимах (Neuman et al., 2018).

В области спорта технология виртуальной реальности позволяет создавать искусственную, полностью контролируемую среду, имитирующую реальные условия спортивной деятельности. При одновременном применении системы захвата движений и обратной связи (зрительной, слуховой) возможно добиться полного погружения испытуемого в созданную виртуальную ситуацию, сделать ее интерактивной и производить коррекцию действий спортсмена в виртуальной ситуации в реальном времени. Виртуальная реальность открывает широкие возможности по моделированию различных спортивных сценариев, направленных на тренировку тех или иных навыков спортсмена. Кроме того, тренировки в условиях виртуальной среды позволяют одновременно проводить мониторинг различных физиологических показателей спортсмена (ЭКГ, ЭЭГ и др.).

### История применения искусственных сред в спортивной подготовке

Задолго до внедрения технологий виртуальной реальности в спорт предпринимались различные попытки усовершенствовать тренировочный процесс с помощью создания искусственной спортивной среды (ИС) и повысить спортивные показатели атлета, проводя тренировки в искусственных условиях, частично воспроизводящих реальные. Так, в 1983 году была создана и успешно применялась искусственная среда для тренировки и мониторинга состояния гребцов-академистов (Dal Monte, 1983).

В 1998 году создана механическая компьютеризированная система, имитирующая условия парусного спорта (Walls et al., 1998). Бобслейный тренажер с системой управления движением и онлайн-мониторингом был смоделирован в 2000 году и успешно использовался для совершенствования технико-тактического мастерства бобслеистов высшей категории (Kelly, Hubbard, 2000).



#### Сергей Владимирович Леонов –

кандидат психологических наук, доцент кафедры методологии факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова  
E-mail: [svleonov@gmail.com](mailto:svleonov@gmail.com)  
<https://istina.msu.ru/profile/Leonov/>



#### Ирина Сергеевна Поликанова –

кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Психология профессий и конфликта» факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова  
E-mail: [irinapolikanova@mail.ru](mailto:irinapolikanova@mail.ru)  
<https://istina.msu.ru/profile/irinapolikanova@mail.ru/>



#### Наталья Игоревна Булаева –

оператор ЭВМ лаборатории по обеспечению учебного процесса и практикума по общей психологии факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова  
E-mail: [natali.psy99@gmail.com](mailto:natali.psy99@gmail.com)



#### Виктор Александрович Клименко –

сотрудник факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, директор НОЦ «Сибирский центр промышленного дизайна и прототипирования» Национального исследовательского Томского государственного университета  
E-mail: [klimenko@siberia.design](mailto:klimenko@siberia.design)

*Для цитирования:* Леонов С.В., Поликанова И.С., Булаева Н.И., Клименко В.А. Особенности использования виртуальной реальности в спортивной практике. – 2020. – № 1(37). – С. 18–30. doi: 10.11621/npj.2020.0102

*For citation:* Leonov S.V., Polikanova I.S., Bulaeva N.I., Klimenko V.A. (2020). Using virtual reality in sports practice. National Psychological Journal, [Natsional'nyy psikhologicheskii zhurnal], (13)1, 18–30. doi: 10.11621/npj.2020.0102

ISSN 2079-6617 Print | 2309-9828 Online  
© Lomonosov Moscow State University, 2019  
© Russian Psychological Society, 2019

В гимнастике для создания искусственной среды использовались видеоклипы, анимация, графика<sup>1</sup>.

Гребной тренажер с визуальной, акустической и механической обратной связью и возможностью корректировать технику движений и уровень метаболических процессов был реализован в 2010 году (Frisoli et al., 2010).

В 2013 году исследователями была предпринята попытка создания «умного» тренажера с онлайн-обратной компьютерной связью для силовых тренировок. Все перечисленные разработки были направлены на повышение эффективности подготовки спортсменов. Эта цель достигалась за счет искусственно созданных, более детерминированных, чем реальные, и полностью контролируемых тренировочных условий. В некоторых случаях в реальном времени отражалась информация об успешности действий спортсмена и его состоянии. Эффективность тренировок в условиях искусственной среды в дальнейшем подтверждалась результатами реальных спортивных соревнований.

## Спортивные VR-игры

По мере развития технологий виртуальной реальности фактор дороговизны оборудования становится менее значимым. Разные производители выпускают шлемы виртуальной реальности, доступные широкому кругу пользователей. В связи с этим современные технологии виртуальной реальности нашли свое применение в спортивно-игровой индустрии.

Изначально технологии виртуальной реальности в сфере спорта использовались в целях оказания помощи элитным спортсменам. С увеличением доступности технологий VR стал стремительно развиваться рынок так называемых exergame. Exergame или активные видеоигры – это видеоигры на консольных приставках, которые сочетают в себе игровой процесс с физическими движениями. Такие игры вносят свой вклад в воплощение девиза: «Спорт в массы» и могут помочь сменить сидячий образ жизни человека на более

физически активный (Kim et al., 2014). С помощью таких игр стало возможным снятие многих ограничений, с которыми сталкиваются в реальных видах спорта (Merians et al., 2002).

В Корее, например, большую популярность набрал VR-гольф (Kerr-Dineen, 2018). По некоторым оценкам, в Корее ежедневно около 200 000 человек занимаются VR-гольфом (Bum et al., 2018). Более того, размер рынка VR-гольфа превысил фактический рынок гольфа, примерно

В современном спорте при подготовке атлетов в последнее время все больше внимания уделяется использованию виртуальной реальности. Применение методов виртуальной реальности открывает новые перспективы для спортивной психологии. Но следует учитывать, что технология виртуальной реальности имеет свои плюсы и возможности, и свои минусы и ограничения

4 миллиона человек предпочитают играть в виртуальный, а не в настоящий гольф (Schupak, 2018).

Некоторые виртуальные игры, созданные на основе упражнений, разработанные профессиональными тренерами, основаны на удаленном подключении к серверу и предполагают онлайн-поддержку квалифицированных тренеров, а также напоминания о тренировках (Karkar et al., 2018).

Регулярные виртуальные спортивные тренировки могут оказать существенное положительное влияние на состояние организма человека. На примере 4-х недельной тренировочной программы, в ходе которой требовалось выполнять упражнения из лыжного спорта, было показано значительное улучшение показателей здоровья испытуемых (сердечно-сосудистой системы, соотношение жировой и мышечной массы, осанки и пр.) (Lee, Kim, 2018).

Виртуальные занятия спортом имеют большую популярность, и одна из ее причин в том, что виртуальный спорт помогает современным людям избавиться от повседневной рутины, уменьшить стресс и чувствовать себя более бодрыми (Pressman et al., 2009).

В корейском исследовании, направленном на изучение удовлетворенности мужчин и женщин занятиями различными видами спорта (реальными и VR), было выявлено различие выбора видов

реального и виртуального спорта (Bum et al., 2018). В реальной жизни мужчины больше участвовали в «мужских» видах спорта таких, как бейсбол, баскетбол и футбол, а женщины – в «женских» видах спорта таких, как йога, плавание и пилатес. Но в контексте виртуального спорта наблюдалась иная картина – и мужчины и женщины играли в футбол, баскетбол, гольф и другие виды спорта, т.е. в выборе вида спорта не наблюдалось гендерных различий. Авторы данного исследования

рассматривают виртуальный спорт как инструмент, который позволяет людям играть вместе и который не направлен на подчеркивание «физического превосходства» одного человека над другим.

Виртуальные игры также могут быть нацелены на поддержание и улучшение физической формы спортсменов. Для этих целей создаются приложения, несущие в себе соревновательный элемент и имеющие прямое отношение к спортивным достижениям. Например, в нескольких работах были использованы такие связанные со спортом задачи, как езда на велосипеде, бег и гребля (Murray et al., 2016).

## VR как новый инструмент подготовки спортсменов

В современном спорте при подготовке атлетов в последнее время все больше внимания уделяется использованию виртуальной реальности. Применение методов виртуальной реальности открывает новые перспективы для спортивной психологии. Но следует учитывать, что технология виртуальной реальности имеет свои плюсы и возможности, и свои минусы и ограничения.

К виртуальным средам и к оборудованию, используемому для исследования и тренировки спортсменов, предъявляются определенные требования. Соблюдение

<sup>1</sup> Тренировка в условиях искусственной среды и виртуальной реальности [Электронный ресурс] // Sportwiki. Спортивная энциклопедия : сайт. URL: [http://sportwiki.to/Тренировка\\_в\\_условиях\\_искусственной\\_среды\\_и\\_виртуальной\\_реальности](http://sportwiki.to/Тренировка_в_условиях_искусственной_среды_и_виртуальной_реальности)

данных требований обеспечивает создание реалистичной иммерсивной среды.

Требования к средам и оборудованию в VR среде:

1. Они должны обеспечивать реалистичный рендеринг (визуализацию изображения) и отсутствие задержек между действиями человека и изменениями изображения.
2. Необходимо уменьшение явления киберболезни (тошнота и головокружение при просмотре стереоизображений).
3. Виртуальная среда должна воспроизводить реальные спортивные условия, в которых виртуальные стимулы и ответные реакции испытуемого соответствуют таковым в реальной спортивной деятельности.
4. Чтобы приблизить виртуальную среду к реальной, необходимо осуществлять обратную связь в виде визуальных, тактильных, акустических и, если возможно, обонятельных сигналов.

Преимущества использования VR в спорте:

1. Интерактивность – субъект может взаимодействовать с объектами VR.
2. Постоянный трекинг положения субъекта. Изображение подстраивается под него, вследствие чего увеличивается чувство присутствия (Величковский, 2014, 2015; Величковский и др., 2016).
3. Изображение является стереоскопическим. Это дает дополнительную информацию о глубине в виртуальной среде (Vignais et al., 2015).

Одновременное применение системы захвата движений и обратной связи (зрительной, слуховой, тактильной, обонятельной) позволяет добиться полного погружения испытуемого в созданную виртуальную ситуацию. Также это дает возможность сделать виртуальную среду интерактивной и производить коррекцию действий спортсмена в виртуальной ситуации в реальном времени.

Эти достоинства технологии виртуальной реальности позволяют создавать искусственную, полностью контролируемую среду, имитирующую реальные условия спортивной деятельности и обладающие высокой степенью «экологической валидности». Одновременное применение системы захвата движений и обратной связи (зрительной, слуховой, тактильной, обонятельной) позволяет добиться полного погружения испыту-

емого в созданную виртуальную ситуацию. Также это дает возможность сделать виртуальную среду интерактивной и производить коррекцию действий спортсмена в виртуальной ситуации в реальном времени.

Виртуальная реальность открывает широкие возможности для моделированию различных спортивных сценариев, направленных на тренировку тех или иных навыков спортсмена. Кроме того, тренировки в условиях виртуальной среды позволяют одновременно проводить мониторинг различных физиологических показателей спортсмена (ЭКГ, ЭЭГ и др.).

Среди ограничений использования VR в спорте можно выделить 3 класса проблем:

- I. Проблемы, связанные с оборудованием;
  - II. Проблемы, возникающие при использовании технологий виртуальной реальности;
  - III. Проблема оценки переноса навыков.
1. Проблемы, связанные непосредственно с оборудованием:
    1. Дороговизна оборудования;
    2. Необходимость привлечения различных других технологий (дизайн виртуальных сред, создание и анимация виртуальных персонажей, захват движений субъекта и др.);
    3. Возможная задержка изображения при движении субъекта в виртуальном пространстве;
    4. Реалистичность искусственно созданного окружения и персонажей

может быть низкой;

5. Необходимость ношения дополнительных аксессуаров, их вес и ограниченность угла зрения (шлем) могут влиять на чувство присутствия;
6. Нехватка физической обратной связи;
7. Возможные проблемы при высокой скорости движений (реакций) субъекта могут приводить к различным артефактам.

В зависимости от применяемой технологии VR (CAVE, HMD, Powerwall и т.д.) проблемы, связанные с оборудованием, могут носить разный характер.

HMD может быть непрактичным и даже потенциально опасным для некоторых видов спорта. Например, бег на беговой дорожке с использованием HMD может быть опасным, поскольку видение движущейся беговой дорожки удалено. Движения головы и потоготделение спортсмена также могут сделать HMD неудобным для ношения.

В проекционных установках, таких как CAVE и Powerwall движения человека ограничены небольшим пространством перед экраном/экранами. Хрупкость материала нижнего экрана в CAVE (при наличии) ограничивает возможность выполнения прыжков и т.п.

- II. Проблемы, возникающие при использовании технологий виртуальной реальности.

В настоящее время в экспериментальных исследованиях (Зинченко и др., 2010) выделяют следующие проблемы применения технологий виртуальной реальности:

1. Проблема разработки нового понятийного аппарата (термины «виртуальные миры» и «виртуальное сознание» уже используются в психологии в определенном контексте).
2. Проблема классификации форм (способов) погружения субъекта (спортсмена) в виртуальный мир. «Погружение означает, что субъект погружается в мир виртуальной реальности, воспринимает его и ее визуальные объекты как часть этого мира. Возможны три формы погружения: «прямое», «опосредованное» и «зеркальное отражение», когда субъект, соответственно, воспринимает его как часть виртуального мира, видит его или часть своего тела в виртуальном мире или чувствует виртуальный мир и его/ее как в зеркале» (В.Б. Дорохов, 2006; цит. по: Зинченко Ю.П. и др., 2010).
3. Проблема эффективности представления объектов в виртуальной среде, т.е. определения минимального набора признаков, необходимых и достаточных для опознания объекта

и «принятия» его в качестве реально-го (Reddy et al., 1997; цит. по: Зинченко Ю.П. и др., 2010).

4. Проблема разработки технологий психофизических измерений «виртуальных признаков» с целью организации целенаправленного воздействия на субъекта ВР среды и объективной оценки степени такого воздействия (Whitton, 2003; цит. по: Зинченко Ю. П. и др., 2010).
5. Кроме того, некоторые авторы отмечают, что применение технологий виртуальной реальности для тренировки спортсменов возможно не во всех видах спорта (невозможно, например, в плавании или в тренировке высокоточных движений) (Michalski et al., 2019).

### III. Проблема оценки переноса навыков.

Проблема оценки переноса в реальную деятельность навыков, сформированных в виртуальной реальности, заслуживает отдельного обсуждения. Некоторые исследователи предприняли попытку анализа обширного объема литературных источников с целью обнаружения достоверной информации о переносе навыков из ВР в реальную жизнь. При этом в очень малой части исследований данные о переносе навыков соответствуют необходимым критериям. Приводятся следующие критерии достоверности информации о переносе навыка:

1. «Real-world assessment» – оценка успешности выполнения того или иного действия до и после эксперимента;
2. «Control group» – наличие контрольной группы испытуемых;
3. «Random allocation of participants» – случайный порядок групп;
4. «Blinding of assessor» – эксперт не знает, к какой группе принадлежит оцениваемый испытуемый;
5. «Comprehensive assessment (additional)» – дополнительная оценка параметров успешности спортсмена в условиях реальной спортивной деятельности (Michalski et al., 2019).

**В** научной литературе также указывается на несоответствие большинства экспериментов процедурным требованиям (отсутствие рандомизации групп)

и на недостаток доказательств переноса навыков после тренировки в виртуальной реальности (Petri et al., 2018). Более того, следует обратить особое внимание, что некоторые навыки, сформированные в ходе ВР тренировок, могут приводить к физическим травмам в реальной спортивной деятельности (Shei, 2018).

## Создание и моделирование виртуальных сред в спортивной практике

**Я.** Янг в своей статье (Yang, 2018) проводит анализ ключевых технологий, применяемых в системе моделирования физической подготовки, включая технологию моделирования человека, технологию сбора данных, технологию проектирования сцены и технологию взаимодействия системы. Технология виртуальной реальности основывается на создании системы, состоящей из 5 модулей: тестирования, обратной связи, сенсоров (точная запись движений с помощью специальных сенсоров), контроллера и 3D модели. Правильная работа и взаимодействие этих модулей создают оптимальную виртуальную среду. Компьютерная виртуальная реальность имеет три характеристики, а именно: погружение, интерактивность и восприятие среды.

Создание виртуальной среды предоставляет новую платформу для современного спортивного обучения. Благодаря

Создание виртуальной среды предоставляет новую платформу для современного спортивного обучения. Благодаря обратной связи от виртуальной среды, стимуляция имеет значительную силу воздействия, кроме того, она может помочь стимулировать мышление, в том числе творческое, а также креативность у начинающих спортсменов, тем самым углубляя эффекты обучения

обратной связи от виртуальной среды, стимуляция имеет значительную силу воздействия, кроме того, она может помочь стимулировать мышление, в том числе творческое, а также креативность у начинающих спортсменов, тем самым углубляя эффекты обучения.

**Т**ехнология моделирования человека, как правило, основана на использовании физических (форма, структура, спортивные возможности и др.) и физиологи-

ческих (функциональный индекс, артериальное давление и др.) характеристик человеческого тела. Технология сбора данных представляет собой систему оптического трекинга, которая осуществляет точную запись реальных движений человека в трехмерном пространстве с помощью получения информации со специальных датчиков. На основе данной информации уже может быть сгенерировано виртуальное движение, в том числе множество сложных движений. Трекинг движений человека может быть использован во время спортивного обучения и формирования новых двигательных навыков для обеспечения обратной связи об успешности выполняемых испытуемым действий и коррекции моторных ошибок в режиме реального времени (Hülsmann et al., 2018).

**Т**ехнология дизайна сцены представляет собой графическую анимацию с высокой точностью определенных сред, созданную посредством использования специального программного обеспечения (например, CAD или 3DS MAX).

**Т**ехнология системного взаимодействия обеспечивает интерактивность виртуальной среды за счет синхронизации пользователей в моделируемой среде. Например, с помощью использования специального оборудования, в частности, при имитации футбола – с помощью легкой одежды и специальных перчаток.

**Д.** Ньюман с коллегами (Neuman et al., 2018) выделяют в ВР четыре основных компонента: среда виртуальной реаль-

ности, спортивное задание, спортсмен и среда без виртуальной реальности.

**С**реда виртуальной реальности является уникальным компонентом для применения виртуальной реальности в спорте и находится в центре внимания большинства исследований. Второй компонент – используемое спортивное задание будет различным в соответствии с задачами его применения и может варьироваться в зависимости от вида спор-

та. Третий компонент включает характеристики спортсмена такие, как уровень его квалификации и конкурентоспособность. Характеристики атлета могут действовать независимо или взаимодействовать с другими элементами системы VR, оказывающими влияние на результаты. Четвертый компонент охватывает те аспекты реальной окружающей среды, в которых спортсмен выполняет задачу (температура окружающей среды, влажность и время суток), и которые являются важными факторами, способными повлиять на результаты). Сочетание четырех компонентов может способствовать улучшению результативности атлетов в краткосрочной и долгосрочной перспективе (Neuman et al., 2018).

### Применение технологий VR в спорте высших достижений

Виртуальная реальность, применительно к спорту высших достижений, может быть определена как использование смоделированной на компьютере спортивной среды, которая нацелена на то, чтобы вызвать у атлета чувство присутствия и обеспечивать взаимодействие с этой средой (Neuman et al., 2018). Важно, чтобы VR позволяла осуществлять интерактивность, т.е. взаимодействие со средой (VR или элементы внутри нее могут перемещаться или изменяться в ответ на действия спортсмена), что увеличивает эффект присутствия.

В мировой спортивной практике немало случаев успешного применения технологий виртуальной реальности в подготовке спортсменов высшей квалификации. Среди основных направлений использования VR в спорте можно выделить следующие:

- подготовка к соревнованиям в части ознакомления с конкретной соревновательной инфраструктурой (стадионы, трассы и др.);

- совершенствование спортивных навыков, включая тактические тренировки;
- процесс реабилитации спортсмена, например, при получении травмы;
- обучение спортивным навыкам и др.

Системы виртуальной реальности для спортивных тренировок впервые стали использоваться в США и Европе в начале 1990-х годов (Lee et al., 2004). В это время классическими видами спорта, в которых применялись системы виртуальной реальности, были американский футбол, стрельба из лука, теннис, стрельба и гольф. Системы виртуальной реальности помогали имитировать тренировочные процессы, а также проводить умственные тренировки, в первую очередь, у элитных атлетов.

Одним из первых направлений использования VR в спорте было ознакомление атлетов с соревновательной инфраструктурой с помощью виртуальной среды (стадионами, трассами и др.).

В Великобритании, например, начали работать в этом направлении во время подготовки к Олимпийским играм в Лондоне в 2012 году (проект VR-Vantage)<sup>2</sup>. Основной акцент был сделан на летние виды спорта (парусный спорт, гребной спорт, триатлон). Есть возможность адаптировать этот проект для зимних видов спорта (бобслей, скелетон, горнолыжный спорт и другие). Целью данного метода являлась адаптация спортсменов к новым трассам и условиям, а соответственно и минимизация дополнительного стресса, связанного с новой обстановкой.

Технология виртуальной реальности была использована американскими горнолыжниками для освоения соревновательных трасс в рамках подготовки к Олимпийским играм в Южной Корее в 2018 году<sup>3</sup>. Американская ассоциация лыж и сноуборда использует данную технологию также для реабилитации спортсменов после получения ими травм. Так, американская горнолыжница Лорен Росс

(Laurenne Ross) после повреждения мениска была лишена возможности проводить реальные тренировки, а реабилитационный процесс должен был занять около двух лет. Вместо этого, она прошла курс реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности, разработанных американской компанией STRIVR, что позволило ей значительно сократить срок реабилитации.

В 2016 году в совместном отчете испанских и британских ученых было отмечено, что использование технологий виртуальной реальности является эффективным инструментом обучения моторным навыкам, даже в таких сложнокоординационных видах спорта, как настольный теннис<sup>4</sup>. Кроме того, данная технология помогла игрокам американской футбольной команды «Детройт Пистонс» увеличить результативность почти на треть, благодаря отработке конкретных приемов с ее помощью.

Можно привести пример использования технологий виртуальной реальности и в баскетболе. Так, «Philadelphia 76ers» использует технологии виртуальной реальности для отработки и улучшения бросков у своих игроков, в частности у игрока Маркела Фульца (Markelle Fultz). В настоящее время многие команды NBA используют технологии виртуальной реальности, чтобы лучше тренировать своих спортсменов<sup>5</sup>. Американская компания EON Sports VR разработала современную систему обучения бейсболу для Yokohama DeNA Baystars, которая использовалась японской профессиональной командой<sup>6</sup>.

Применение технологий виртуальной реальности при реабилитации спортсменов после полученных травм может способствовать более быстрому восстановлению двигательных функций поврежденной конечности. Это, вероятно, связано с отвлечением внимания спортсмена от осознанного контроля опорно-

<sup>2</sup> Virtual reality technology is helping British athletes feel at home when competing abroad [Электронный ресурс] // Uk sport/Inspire the national : caim. URL: <http://www.uksport.gov.uk/news/2016/07/22/british-athletes-use-virtual-reality-technology-for-a-home-field-advantage>

<sup>3</sup> STRIVR [Электронный ресурс]: URL: [strivr.com/press/](http://strivr.com/press/)

<sup>4</sup> VR sport: budding perk for training and entertainment [Электронный ресурс] // Teslasuit : caim. URL: <https://teslasuit.io/blog/virtual-reality/vr-sport-for-training-and-entertainment>

<sup>5</sup> Virtual Reality (VR) in the NBA [Электронный ресурс] // Mnivirt : caim. URL: <https://www.omnivirt.com/blog/virtual-reality-nba/>

<sup>6</sup> EON Sports VR Provides State-of-the-art baseball training system to Yokohama DeNA Baystars // Eon reality : caim. URL: <https://www.eonreality.com/press-releases/eon-sports-vr-provides-state-art-baseball-training-system-yokohama-dena-baystars>

двигательной системы и, соответственно, снятием излишнего напряжения и скованности в конечностях (Gokele et al., 2014).

Удобство, комфорт и эффективность реабилитационных упражнений могут быть значительно повышены с применением технологий виртуальной реальности. Игровой характер упражнений, обратная визуальная связь, подбор упражнений в соответствии с характером и тяжестью травмы усиливают интерес и удовлетворенность испытуемых от реабилитационных мероприятий. А это, в свою очередь, приводит к повышению эффективности восстановительных упражнений (Shi et al., 2018).

Конечно, технологии VR не смогут заменить реальные физические упражнения, нагрузки и игры, но в спорте высших достижений атлеты часто сталкиваются с проблемой временной невозможности проведения тренировок: получение травмы, постоянные переезды, отсутствие доступа к спортивным объектам (фигурное катание, бобслей, саночный спорт, горные лыжи и др.). Тренировки же с помощью VR позволяют тренировать ментальную составляющую тренировочного процесса (внимание на детали, выбор правильного реагирования на ситуацию, скорость реагирования, привыкание к определенной среде/условиям/трассе и др.).

Следует отметить еще одну важную составляющую подготовки спортсменов – оценка и корректировка его эмоциональной сферы. Неудачи, низкие результаты в соревнованиях, травмы могут негативно влиять на чувство компетенции спортсмена и на его спортивную производительность, при этом не напрямую, а вследствие восприятия данных событий как негативных самим спортсменом. В таких случаях в психотерапевтических целях может помочь виртуальная реальность, в которой спортсмену демонстрируются его действия, но немного измененные и «улучшенные». Такая дезинформация может привести к созданию у спортсменов ложных (положительных) воспоминаний о собственных физических характеристиках и способствовать профилактике или лечению тревожности или травмы после неудачного выступления на соревнованиях (Superus et al., 2016).

Помимо направлений использования VR, связанных с подготовкой атлетов, стоит упомянуть еще одно достаточно новое и набирающее популярность направление, связанное с наблюдением за матчами со зрительских позиций посредством VR технологий – Virtual Reality Spectatorship (Daehwan et al., 2019), которые позволяют усилить впечатления и удовольствие от зрительского просмотра матча или игры за счет интерактивности и усиления эффекта присутствия.

Неудачи, низкие результаты в соревнованиях, травмы могут негативно влиять на чувство компетенции спортсмена и на его спортивную производительность, при этом не напрямую, а вследствие восприятия данных событий как негативных самим спортсменом. В таких случаях в психотерапевтических целях может помочь виртуальная реальность, в которой спортсмену демонстрируются его действия, но немного измененные и «улучшенные».

В отечественных исследованиях использование технологии VR становится все более популярным. Например, методика обучения тактическим действиям путем моделирования игровых ситуаций в виртуальной реальности была создана на базе Поволжского государственного технологического университета (Роженцов, Афоньшин, 2013). Методика позволяет моделировать неограниченное число игровых ситуаций, анализировать различные варианты их развития, развивать игровое мышление игроков и их взаимодействие в команде. Методика активно применялась и показала свою эффективность.

На факультете психологии МГУ имени М.В. Ломоносова разрабатывалась методика объективной диагностики устойчивости вестибулярной функции с применением средств виртуальной реальности (CAVE) и системы регистрации движений глаз. Технология виртуальной реальности в данном случае выступила в качестве инструментария для создания условий нарушения работы вестибулярной функции различной интенсивности путем инициации сенсорного конфликта между зрительным и вестибулярным сигналами

На факультете психологии МГУ имени М.В. Ломоносова разрабатывалась методика объективной диагностики устойчивости вестибулярной функции с применением средств виртуальной реальности (CAVE) и системы регистрации движений глаз. Технология виртуальной реальности в данном случае выступила в качестве инструментария для создания условий

нарушения работы вестибулярной функции различной интенсивности путем инициации сенсорного конфликта между зрительным и вестибулярным сигналами. В качестве испытуемых в исследовании выступали фигуристы, футболисты и ушуисты. Была выявлена большая устойчивость вестибулярной функции у фигуристов, по сравнению с футболистами и ушуистами (Ковалев и др., 2017).

В МГУ имени М.В. Ломоносова в отделе прикладных исследований по ма-

тематике и механике механико-математического факультета проводится разработка технологий виртуальной реальности и оценка возможности их применения в спорте. В частности, создан симулятор дельтаплана (воссоздана часть возможных элементов полета), управление которым приближено к реальному, и симулятор колесного транспортного средства для передвижения по Луне и Марсу (в рамках сотрудничества с Институтом медико-биологических проблем). В основе данных симуляторов лежит информация, получаемая при помощи технологии захвата движения. Для захвата движений разработчиками од-

модели движения и анимирования виртуального персонажа (аватара) (Кручинина, Чертополохов, 2016).

### Использование виртуальных соперников в спортивной практике

В последние десятилетия проводились работы по анализу потенциала компьютерного графического моделирования для изучения антиципации (Shei et al., 2018; Schupak et al., 2018; Sherman, Craig, 2002; Ruffaldi et al., 2012; Bideau et al., 2004; Vignais et al., 2010; Kulpa et al., 2013). С помощью этого метода отслеживаются и записываются движения реальных спортсменов, которые используются для анимации виртуальных персонажей – аватаров, которые выступающих в роли соперников или партнеров. Запись движений человека, основанная на фиксации и компьютерной обработке положений датчиков, крепящихся на частях тела человека (motion capture), – это более удобный и быстрый способ моделирования движений виртуального персонажа (аватара), чем «покадровое» моделирование движений (Lee et al., 2004; Menshikova et al., 2016; Saveleva et al., 2016; Menshikova, Krasilschikova, 2017; Menshikova, Tikhomandritskaya, 2018).

Различные исследования доказали, что использование виртуального соперника – это разумный подход при условии, что графический дизайн персонажа является подходящим (Walls et al., 1998). Например, французскими учеными показано (Bideau et al., 2004), что вратари в гандболе реагируют на такого персонажа так же, как и на настоящего спортсмена. В ряде исследований (Slater, 2009) выявлено, что реакция спортсменов-каратистов на трехмерного виртуального персонажа гораздо реалистичнее и быстрее, по сравнению с двухмерной видео-презентацией. Кроме того, спортсмены чувствовали себя более комфортно в виртуальной трехмерной среде, благодаря предоставленной информации о глубине пространства.

Тем не менее, в настоящее время отмечается, что особенности взаимодействия спортсмена и виртуального персонажа остаются недостаточно изучены

(Pressman et al., 2009). Таким образом, создание виртуальных персонажей, адаптированных к спортивным условиям, предоставляет хорошие перспективы для развития тренировочного процесса.

Можно привести пример создания такого виртуального персонажа – аватара в карате. Немецкими учеными проведено исследование, направленное на создание виртуального автономно взаимодействующего персонажа для виртуального обучения приемам каратэ кумитэ (Zhang, 2018). Данный виртуальный персонаж может взаимодействовать в режиме реального времени со спортсменом, подходить к нему и осуществлять разные адекватные атаки в зависимости от поведения человека. Данный персонаж был протестирован на профессиональных каратистах, при этом спортсменами он воспринимался, как правило, как реальный соперник. Эта технология была оценена экспертами как полезная при обучении приемам каратэ кумитэ. Автономное поведение виртуального персонажа – KaraKtera определялось основными правилами и анализом боевых ситуаций в каратэ кумитэ (Petri et al., 2015; Zhang et al., 2018). Техническая оценка показала, что у KaraKtera время реакции около 180 мс в виртуальной среде, а на основе проекций около 90 мс, если используется Oculus Rift. Первое время соответствует среднему времени реакции человека, а второе – находится в диапазоне времени реакции высококвалифицированных спортсменов. Таким образом, использование такого аватара является весьма эффективным инструментом совершенствования тренировочного процесса.

Эффект социального присутствия в виртуальной среде – т.е. ощущения атлета, находящегося в виртуальной среде, от общения с другими людьми является одним из важных факторов ВР, влияющих на эффект погружения, на чувство удовольствия от нахождения в ВР и, в конечном итоге, на эффективность спортивных упражнений. В ряде исследований показано, что такое социальное присутствие влияет как на мотивацию спортсменов, так и на их результативность. В исследовании Нунес с коллегами (Nunes et al., 2014) показано, что участники предпочитали бегать в присутствии виртуальных людей, чем просто одним бегать по виртуальному курсу. В исследовании Ирвина с коллегами (Irwin et

al., 2012) продемонстрировано усиление мотивации, когда испытуемые ездили на велосипеде в ВР не в одиночку, а с другими виртуальными соперниками. Поэтому, соревнуясь с виртуальным соперником, атлеты могли показывать более высокие результаты, по сравнению с одиночным катанием.

Присутствие других виртуальных людей в среде ВР может использоваться для более активного стимулирования соревновательного поведения. Андерсон-Ханлей с коллегами (Anderson-Hanley et al., 2011) провели на пожилых людях исследование езды на киберцикле в ВР, которые ездили в одиночку и в присутствии аватаров. В последнем случае участников просили опередить аватаров. В этом случае результаты были значительно выше, по сравнению с одиночной ездой.

Соревновательные ситуации, значительно мотивирующие спортсменов, могут создаваться в виртуальной среде различными способами. Андерсон-Хэнли с коллегами (Anderson-Hanley et al., 2011) разработали три режима соревнования: когда участники просто старались улучшить свои результаты, когда они конкурировали с человеком, превосходящим их по показателям, и когда они конкурировали с любым человеком, ими выбранным. Было показано, что все типы соревновательных ситуаций увеличивали прилагаемые спортсменами усилия (измеряемые по частоте сердечных сокращений).

### Заключение

Виртуальная реальность в спорте применяется достаточно широко и разнопланово. С ее помощью можно решать различные типы спортивных задач, тренировать спортсменов разных видов спорта, используя разнообразные современные технологии ВР.

Ряд исследователей изучали вопросы, касающиеся влияния использования технологии ВР на спортивные результаты. Сравнивались результаты, полученные при использовании ВР и без ее использования (Annesi, Mazas, 1997; Legrand et al., 2011; Mestre et al., 2011; Plante et al., 2003), изучались эффекты погружения в виртуальную среду (Ijsselstein et al.,

2004; Vogt et al., 2015; Величковский, 2014, 2015; Величковский и др., 2016), выявлялись различия между управляемыми компьютером и реальными виртуальными конкурентами (Snyder et al., 2012).

Использование технологий виртуальной реальности для организации тренировочного процесса в спорте обладает рядом преимуществ, по сравнению с традиционными тренировками. Оно снимает ряд ограничений, накладываемых реальным спортом. В частности, VR предотвращает травмирование атлета, позволяя атлету вначале отрабатывать сложные элементы в виртуальной среде, а уже потом – в реальной. Также VR позволяет задавать любые средовые условия (погода, влажность, уровень соперника и многие др.), чего сложно добиться в реальности. VR не зависит от экипировки, погоды или места, что дает возможность заниматься труднодоступными и дорогами

Важное значение для успешной спортивной деятельности имеет разработка и использование виртуальных персонажей – аватаров, которые зарекомендовали себя как эффективные инструменты повышения мотивации спортсменов на достижение более высоких результатов. Исследования в данной области показали, что создание таких аватаров, адаптированных к спортивным условиям, предоставляет хорошие перспективы для развития тренировочного процесса в спорте, в том числе в спорте высших достижений

ми видами спорта (например, гольфом, бейсболом и др.).

Важное значение для успешной спортивной деятельности имеет разработка и использование виртуальных персонажей – аватаров, которые зарекомендовали себя как эффективные инструменты повышения мотивации спортсменов на достижение более высоких результатов. Исследования в данной области показали, что создание таких аватаров, адаптированных к спортивным условиям, предоставляет хорошие перспективы

для развития тренировочного процесса в спорте, в том числе в спорте высших достижений.

#### Информация о грантах и благодарностях

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19-78-10134.

#### Acknowledgments

The study was supported by the Russian Science Foundation, grant number 19-78-10134.

#### Литература:

- Величковский Б.Б. Психологические факторы возникновения чувства присутствия в виртуальных средах // Национальный психологический журнал. – 2014. – Т. 15. – № 3. – С. 31–38. doi: 10.11621/npj.2014.0304
- Величковский Б.Б. Особенности когнитивного контроля как фактор возникновения чувства присутствия в виртуальной среде // Современное состояние и перспективы развития психологии труда и организационной психологии: сборник материалов международной научно-практической конференции (Москва, 15–16 октября 2015 года). – Москва: Институт психологии РАН, 2015. – С. 447–449.
- Величковский Б.Б., Гусев А.Н., Виноградова В.Ф., Арбекова О.А. Когнитивный контроль и чувство присутствия в виртуальных средах // Экспериментальная психология. – 2016. – Т. 9. – № 1. – С. 5–20. doi:10.17759/expsy.2016090102.
- Зинченко Ю.П., Меньшикова Г.Я., Баяковский Ю.М., Черноризов А.М., Войсунский А.Е. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал. – 2010. – № 2(4). – С. 64–71.
- Ковалев А.И., Климова О.А. Диагностика устойчивости вестибулярной функции спортсменов с применением технологии виртуальной реальности // Спортивный психолог. – 2017. – № 3(46). – С. 4–8.
- Кручинина А.П., Чертополохов В.А. Применение технологий виртуальной реальности в спорте: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском спорте и спорте высших достижений. – Москва, 2016. – С. 196–201.
- Роженцов В.В., Афоньшин В.Е. Тактическая подготовка в игровых видах спорта с использованием виртуальной реальности // Программные системы и вычислительные методы. – 2013. – № 3. – С. 272–276.
- AbdelGhani Karkar, Somaya AlMaadeed, Rehab Salem, Mariam AbdelHady, Sara Abou-Aggour, & Hafsa Samea KinFit (2018). A Factual Aerobic Sport Game with Stimulation Support. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 13(12), 50–67. doi: 10.3991/ijet.v13i12.8626
- Anderson-Hanley C., Snyder A.L., Nimon J.P., & Arciero P.J. (2011). Social facilitation in virtual reality-enhanced exercise: competitiveness moderates exercise effort of older adults. *Clin Interv Aging*, 6, 275–280. doi:10.2147/cia.s25337
- Anne A. Cuperus, & Ineke J.M. van der Ham (2016). Virtual reality replays of sports performance: Effects on memory, feeling of competence, and performance. *Learning and Motivation*, 56, 48–52. doi: 10.1016/j.lmot.2016.09.005
- Annesi J.J., & Mazas J. (1997). Effects of virtual reality-enhanced exercise equipment on adherence and exercise-induced feeling states. *Percept Motor Skill*, 85, 835–844. doi:10.2466/pms.1997.85.3.835
- Bideau B, Multon F, Kulpa R, Fradet L, Arnaldi B, & Delamarche P. (2004). Using virtual reality to analyze links between handball thrower kinematics and goalkeeper's reactions. *Neurosci Lett*; 372(12), 119–122. doi: 10.1016/j.neulet.2004.09.023
- Chul-Ho Bum, Tara Q. Mahoney & Chulhwan Choi (2018). A Comparative Analysis of Satisfaction and Sustainable Participation in Actual Leisure Sports and Virtual Reality Leisure Sports. *Sustainability*, 10(10), 347. doi: 10.3390/su10103475
- Dal Monte, A. (1983). *La valutazione funzionale dell' atleta*. Roma, Sansoni. Ed., Firenze.
- David L. Neuman, Robyn L. Moffitt, Patrick R. Thomas, Kylie Loveday, David P. Watling, Chantal L. Lombard, Simona Antonova, & Michael A. Tremeer (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, 22, 183–198. doi: 10.1007/s10055-017-0320-5
- Felix Hülsmann, Jan Philip Göpfert, Barbara Hammer, Stefan Kopp, & Mario Botsch (2018). Classification of motor errors to provide real-time feedback for sports coaching in virtual reality — A case study in squats and Tai Chi pushes. *Computers & Graphics*, 76, November, 47–59. doi: 10.1016/j.cag.2018.08.003

- Frisoli, A., Ruffaldi, E., Filippeschi, A. et al. (2010). In-door skill training in rowing practice with a VR based simulator. *Int J Sport Psychol*, 10, 14–17.
- Gokeler, Alli & Bisschop, Marsha & Myer, Gregory & Benjaminse, Anne & Dijkstra, Pieter & Burgerhof, Johannes & Otten, Egbert & van Keeken, Helco & Raay, Jos. (2014). Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 24. doi: 10.1007/s00167-014-3374-x.
- Ijsselstein W., de Kort Y., Westerink J., de Jager M., Bonants R. (2004). Fun and sports: enhancing the home fitness experience. *Lect Notes Comput Sci*, 3166, 46–56. doi:10.1007/978-3-540-28643-1\_8
- Irwin B.C., Scorniaenchi J., Kerr N.L., Eisenmann J.C., Feltz D.L. (2012). Aerobic exercise is promoted when individual performance affects the group: a test of the Kohler motivation gain effect. *Ann Behav Med*, 44, 151–159. doi:10.1007/s12160-012-9367-4
- Jehee Lee, & Kang Hoon Lee Precomputing Avatar Behavior From Human Motion Data. *Graphical models*, 68(2), 158–174. doi: 10.1016/j.gmod.2005.03.004
- Petri K., Bandow N., & Witte K. (2018). Using Several Types of Virtual Characters in Sports - a Literature Survey. *International Journal of Computer Science in Sport*, 17(1), 1–48. doi: 10.2478/ijcss-2018-0001
- Kelly, A., & Hubbard, M. (2000). Design and construction of a bobsled driver training simulator. *Sports Engineering*, 3, 13–25. doi: 10.1046/j.1460-2687.2000.00037.x
- Kerr-Dineen, L. (2018). This Is a Simulation. (And It's Still Golf!). *Golfdigest.com*. Retrieved from: <https://www.golfdigest.com/story/this-is-a-simulation-and-its-still-golf-golf-simulators> (accessed 2 July 2019).
- Kim Daehwan, & Ko Yong Jae (2019). The impact of virtual reality (VR) technology on sport spectators' flow experience and satisfaction. *Computers in human behavior*, (95), 346–356. doi: 10.1016/j.chb.2018.12.040
- Kim S.Y., Prestopnik N., & Biocca F.A. (2014). Body in the interactive game: how interface embodiment affects physical activity and health behavior change. *Comput Hum Behav*, 36, 376–384. doi:10.1016/j.chb.2014.03.067
- Kulpa R., Bideau B., Brault S. (2013). Displacements in virtual reality for sports performance analysis. New York, NY: Springer, 299–318. doi: 10.1007/978-1-4419-8432-6\_13.
- Lee, H.T., & Kim, Y.S. (2018). The effect of sports VR training for improving human body composition. *J Image Video Proc.*, 148. doi: 10.1186/s13640-018-0387-2
- Lee, K.C. (2004). Future directions for an applications of virtual reality in physical education. *Korean J. Phys. Educ.*, 43, 337–347.
- Legrand F.D., Joly P.M., Bertucci W.M., Soudain-Pineau M.A., & Marcel J. (2011). Interactive-Virtual Reality (IVR) exercise: an examination of in-task and pre-to-post exercise affective changes. *J Appl Sport Psychol*, 23, 65–75. doi:10.1080/10413200.2010.523754
- Liang Zhang, Guido Brunnett, Katharina Petri, Marco Danneberg, Steffen Masik, Nicole Bandow, & Kerstin Witte (2018). KaraKter: An autonomously interacting Karate Kumite character for VR-based training and research. *Computers & Graphics*, 72, 59–69. doi: 10.1016/j.cag.2018.01.008
- Menshikova G., & Krasilschikova N. (2017). Testing the interaction with a self-avatar using behavioral measures. *Psychophysiology*, Blackwell Publishing Inc. (United Kingdom), 54(1), S141–S141.
- Menshikova G., & Tikhomandritskaya O. (2018). Gender bias when interacting with avatars. *International Journal of Psychophysiology, Elsevier BV (Netherlands)*, 131, 116–117. doi:10.1016/j.ijpsycho.2018.07.315
- Menshikova G.Ya, Saveleva O.A., & Zinchenko Yu P. (2016). Effects of interpersonal distance during interactions with avatars in virtual environments. *International Journal of Psychophysiology, Elsevier BV (Netherlands)*, 108, 163–163. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2016.07.467
- Menshikova G.Ya, Tikhomandritskaya O.A., Saveleva O.A., & Popova T.V. (2018). Gender Differences in Interactions with Avatars of Diverse Ethnic Appearances. *Psychology in Russia: State of the Art*, 11(4), 211–222. doi: 10.11621/pir.2018.0414
- Merians, A.S., Jack, D., Boian, R., Tremaine, M., Burdea, G.C., Adamovich, S.V., Recce, M., & Poizner, H. (2002) Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Phys Ther*, 82(9), 898–915. doi: 10.1093/ptj/82.9.898
- Mestre D.R., Ewald M., & Maiano C. (2011). Virtual reality and exercise: behavioral and psychological effects of visual feedback. *Stud Health Technol Inf*, 167, 122–127. doi:10.3233/978-1-60750-766-6-122
- Murray E.G., Neumann D.L., Moffitt R.L., & Thomas P.R. (2016). The effects of the presence of others during a rowing exercise in a virtual reality environment. *Psychol Sport Exerc*, 22, 328–336. doi:10.1016/j.psychsport.2015.09.007
- Nicolas Vignais, Richard Kulpa, Sébastien Brault, Damien Presse, & Benoit Bideau (2015). Which technology to investigate visual perception in sport: video vs. virtual reality. *Human movement science*, 39, 12–26. doi: 10.1016/j.humov.2014.10.006
- Nunes M., Nedel L., & Roesler V. (2014). Motivating people to perform better in exergames: Competition in virtual environments. In: *Proceedings of the 29th annual ACM symposium on applied computing*. ACM, New York, 970–975. doi:10.1145/2554850.2555009
- Petri K., Bandow N., Emmermacher P., Schrupf R., Masik S., & Zhang L. et al. (2015). Development of a decision system for an autonomous interacting character in a virtual reality environment to study anticipation in karate kumite. In: *Sport- technologie zwischen Theorie und Praxis VI. Aachen, Germany: Shaker*, 150–5. ISBN 978-3-8440-3974-0
- Plante T.G., Aldridge A., Bogden R., & Hanelin C. (2003). Might virtual reality promote the mood benefits of exercise? *Comput Hum Behav*, 19, 495–509. doi:10.1016/S0747-5632(02)00074-2
- Pressman, S. Matthews, K.A. Cohen, S. Martire, L.M. Scheier, M. Baum, A. & Schulz, R. (2009). Association of enjoyable leisure activities with psychological and physical well-being. *Psychosom. Med.*, 71, 725–732. doi:10.1097/PSY.0b013e3181ad7978
- Ren-Jay Shei (2018). Competitive influences of running applications on training habits. *The Physician and sportsmedicine*, 46(4), 414–415. doi:10.1080/00913847.2018.1483696
- Ruffaldi E., Filippeschi A., Varlet M., Hoffmann C., & Bardy B. (2012). Design and evaluation of a multimodal virtual reality platform for rowing training. In: *Bergamasco M, Bardy B, Gopher D, (eds). Skill training in multimodal virtual environments*. CRC Press/Taylor & Francis, Ltd., 173–86. 10.1201/b12704-16

- Saveleva O.A., Zacharkin D.V., & Menshikova G.Ya. (2016). Body and eye movements during interactions with avatars in virtual environments. *Perception, Sage (London, England)*, 45(S2), 62–63.
- Schupak, A. (2018). Simulated Golf, Real Results: Off-Course Participation Helps Drive Engagement. National Golf Foundation. Retrieved from: <https://www.thengfq.com/2018/01/simulated-golf-real-results-offcourse-participation-helps-drive-engagement/> (accessed 15 July 2019).
- Sherman W.R., & Craig A.B. (2002). *Understanding virtual reality: interface, application, and design*. Elsevier, San Francisco
- Shi, Y., & Peng, Q. (2018). A VR-based user interface for the upper limb rehabilitation. *In Procedia CIRP*, 78, 115–120, doi: 10.1016/j.procir.2018.08.311
- Slater M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philos T R Soc B*, 364, 3549–3557. doi:10.1098/rstb.2009.0138
- Snyder A.L., Anderson-Hanley C., & Arciero P.J. (2012). Virtual and live social facilitation while exergaming: competitiveness moderates exercise intensity. *J Sport Exerc Psychol*, 34, 252–259. doi: 10.1123/jsep.34.2.252
- Stefan C. Michalski, Ancret Szpak, & Tobias Loetscher (2019). Using Virtual Environments to Improve Real-World Motor Skills in Sports: A Systematic Review. *Frontiers in psychology*, 10, 1–9. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02159
- Velichkovsky Boris B., Gusev Alexey N., Kremlev Alexander E., & Grigorovich Sergey S. (2017). Cognitive Control Influences the Sense of Presence in Virtual Environments with Different Immersion Levels. *Lecture Notes in Computer Science*, 10324, 3–16. doi: 10.1007/978-3-319-60922-5\_1
- Vignais N., Kulpa R., Craig C., Bideau B. (2010). Virtual thrower versus real goalkeeper: the influence of different visual conditions on performance. *Presence Teleop-erators Virtual Environ.*, 19(4), 281–90. doi: 10.1162/PRES\_a\_00003
- Vogt T., Herpens R., Scherfgen D., Stru"der H.K., & Schneider S. (2015). Neuroelective adaptations to cognitive processing in virtual environments: an exercise-related approach. *Exp Brain Res*, 233, 1321–1329. doi:10.1007/s00221-015-4208-x
- Walls, J., Bertrand, L., & Gale, T.J. et al. (1998). Assessment of upwind dinghy sailing performance using a virtual reality dinghy simulator. *J Science Med Sport*, 1, 61–72. doi: 10.1016/S1440-2440(98)80014-5
- Yanrong Yang (2018). The innovation of college physical training based on computer virtual reality technology. *Journal of Discrete Mathematical Sciences & Cryptography*, 21(6), 1275–1280. doi:10.1080/09720529.2018.1526400

## References:

- AbdelGhani Karkar, Somaya AlMaadeed, Rehab Salem, Mariam AbdelHady, Sara Abou-Aggour, & Hafsa Samea KinFit (2018). A Factual Aerobic Sport Game with Stimulation Support. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 13(12), 50–67. doi: 10.3991/ijet.v13i12.8626
- Anderson-Hanley C., Snyder A.L., Nimon J.P., & Arciero P.J. (2011). Social facilitation in virtual reality-enhanced exercise: competitiveness moderates exercise effort of older adults. *Clin Interv Aging*, 6, 275–280. doi:10.2147/cia.s25337
- Anne A. Cuperus, & Ineke J.M. van der Ham (2016). Virtual reality replays of sports performance: Effects on memory, feeling of competence, and performance. *Learning and Motivation*, 56, 48–52. doi: 10.1016/j.lmot.2016.09.005
- Annesi J.J., & Mazas J. (1997). Effects of virtual reality-enhanced exercise equipment on adherence and exercise-induced feeling states. *Percept Motor Skill*, 85, 835–844. doi:10.2466/pms.1997.85.3.835
- Bideau B, Multon F, Kulpa R, Fradet L, Arnaldi B, & Delamarche P. (2004). Using virtual reality to analyze links between handball thrower kinematics and goalkeeper's reactions. *Neurosci Lett*; 372(12), 119–122. doi: 10.1016/j.neulet.2004.09.023
- Chul-Ho Bum, Tara Q. Mahoney & Chulhwan Choi (2018). A Comparative Analysis of Satisfaction and Sustainable Participation in Actual Leisure Sports and Virtual Reality Leisure Sports. *Sustainability*, 10(10), 347. doi: 10.3390/su10103475
- Dal Monte, A. (1983). *La valutazione funzionale dell' atleta*. Roma, Sansoni. Ed., Firenze.
- David L. Neuman, Robyn L. Moffitt, Patrick R. Thomas, Kylie Loveday, David P. Watling, Chantal L. Lombard, Simona Antonova, & Michael A. Tremeer (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, 22, 183–198. doi: 10.1007/s10055-017-0320-5
- Felix H"ulsmann, Jan Philip G"opfert, Barbara Hammer, Stefan Kopp, & Mario Botsch (2018). Classification of motor errors to provide real-time feedback for sports coaching in virtual reality — A case study in squats and Tai Chi pushes. *Computers & Graphics*, 76, November, 47–59. doi: 10.1016/j.cag.2018.08.003
- Frisoli, A., Ruffaldi, E., Filippeschi, A. et al. (2010). In-door skill training in rowing practice with a VR based simulator. *Int J Sport Psychol*, 10, 14–17.
- Gokeler, Alli & Bisschop, Marsha & Myer, Gregory & Benjaminse, Anne & Dijkstra, Pieter & Burgerhof, Johannes & Otten, Egbert & van Keeken, Helco & Raay, Jos. (2014). Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria- based return-to-sport rehabilitation. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 24. doi: 10.1007/s00167-014-3374-x.
- Ijsselsteijn W, de Kort Y, Westerink J, de Jager M, Bonants R. (2004). Fun and sports: enhancing the home fitness experience. *Lect Notes Comput Sci*, 3166, 46–56. doi:10.1007/978-3-540-28643-1\_8
- Irwin B.C., Scorniaenchi J., Kerr N.L., Eisenmann J.C., Feltz D.L. (2012). Aerobic exercise is promoted when individual performance affects the group: a test of the Kohler motivation gain effect. *Ann Behav Med*, 44, 151–159. doi:10.1007/s12160-012-9367-4
- Jehee Lee, & Kang Hoon Lee Precomputing Avatar Behavior From Human Motion Data. *Graphical models*, 68(2), 158–174. doi: 10.1016/j.gmod.2005.03.004
- Petri K., Bandow N., & Witte K. (2018). Using Several Types of Virtual Characters in Sports - a Literature Survey. *International Journal of Computer Science in Sport*, 17(1), 1–48. doi: 10.2478/ijcss-2018-0001
- Kelly, A., & Hubbard, M. (2000). Design and construction of a bobsled driver training simulator. *Sports Engineering*, 3, 13–25. doi: 10.1046/j.1460-2687.2000.00037.x
- Kerr-Dineen, L. (2018). This Is a Simulation. (And It's Still Golf!). *Golfdigest.com*. Retrieved from: <https://www.golfdigest.com/story/this-is-a-simulation-and-its-still-golf-golf-simulators> (accessed 2 July 2019).

- Kim Daehwan, & Ko Yong Jae (2019). The impact of virtual reality (VR) technology on sport spectators' flow experience and satisfaction. *Computers in human behavior*, (95), 346–356. doi: 10.1016/j.chb.2018.12.040
- Kim S.Y., Prestopnik N., & Biocca F.A. (2014). Body in the interactive game: how interface embodiment affects physical activity and health behavior change. *Comput Hum Behav*, 36, 376–384. doi:10.1016/j.chb.2014.03.067
- Kovalev A.I., & Klimova O.A. (2017). Diagnostics of sustainability of vestibular functions in athletes with application of virtual reality technology. *[Sportivnyy psiholog]*, 3,(46), 4–8
- Kruchinina A.P., & Chertopolohov V.A. (2016). Application of virtual reality technologies in sports *[Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po voprosam sportivnoy nauki v detsko-yunosheskom sporte i sporte vysshih dostizheniy]*, 196–201.
- Kulpa R., Bideau B., Brault S. (2013). Displacements in virtual reality for sports performance analysis. New York, NY: Springer, 299–318. doi: 10.1007/978-1-4419-8432-6\_13.
- Lee, H.T., & Kim, Y.S. (2018). The effect of sports VR training for improving human body composition. *J Image Video Proc.*, 148. doi: 10.1186/s13640-018-0387-2
- Lee, K.C. (2004). Future directions for an applications of virtual reality in physical education. *Korean J. Phys. Educ.*, 43, 337–347.
- Legrand F.D., Joly P.M., Bertucci W.M., Soudain-Pineau M.A., & Marcel J. (2011). Interactive-Virtual Reality (IVR) exercise: an examination of in-task and pre-to-post exercise affective changes. *J Appl Sport Psychol*, 23, 65–75. doi:10.1080/10413200.2010.523754
- Liang Zhang, Guido Brunnett, Katharina Petri, Marco Danneberg, Steffen Masik, Nicole Bandow, & Kerstin Witte (2018). KaraKter : An autonomously interacting Karate Kumite character for VR-based training and research. *Computers & Graphics*, 72, 59–69. doi: 10.1016/j.cag.2018.01.008
- Menshikova G., & Krasilschikova N. (2017). Testing the interaction with a self-avatar using behavioral measures. *Psychophysiology*, Blackwell Publishing Inc. (United Kingdom), 54(1), S141–S141.
- Menshikova G., & Tikhomandritskaya O. (2018). Gender bias when interacting with avatars. *International Journal of Psychophysiology*, Elsevier BV (Netherlands), 131, 116–117. doi:10.1016/j.ijpsycho.2018.07.315
- Menshikova G.Ya, Saveleva O.A., & Zinchenko Yu P. (2016). Effects of interpersonal distance during interactions with avatars in virtual environments. *International Journal of Psychophysiology*, Elsevier BV (Netherlands), 108, 163–163. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2016.07.467
- Menshikova G.Ya, Tikhomandritskaya O.A., Saveleva O.A., & Popova T.V. (2018). Gender Differences in Interactions with Avatars of Diverse Ethnic Appearances. *Psychology in Russia: State of the Art*, 11(4), 211–222. doi: 10.11621/pir.2018.0414
- Merians, A.S., Jack, D., Boian, R., Tremaine, M., Burdea, G.C., Adamovich, S.V., Recce, M., & Poizner, H. (2002) Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Phys Ther*, 82(9), 898–915. doi: 10.1093/ptj/82.9.898
- Mestre D.R., Ewald M., & Maiano C. (2011). Virtual reality and exercise: behavioral and psychological effects of visual feedback. *Stud Health Technol Inf*, 167, 122–127. doi:10.3233/978-1-60750-766-6-122
- Murray E.G., Neumann D.L., Moffitt R.L., & Thomas P.R. (2016). The effects of the presence of others during a rowing exercise in a virtual reality environment. *Psychol Sport Exerc*, 22, 328–336. doi:10.1016/j.psychsport.2015.09.007
- Nicolas Vignais, Richard Kulpa, Sébastien Brault, Damien Presse, & Benoit Bideau (2015). Which technology to investigate visual perception in sport: video vs. virtual reality. *Human movement science*, 39, 12–26. doi: 10.1016/j.humov.2014.10.006
- Nunes M., Nedel L., & Roesler V. (2014). Motivating people to perform better in exergames: Competition in virtual environments. In: *Proceedings of the 29th annual ACM symposium on applied computing*. ACM, New York, 970–975. doi:10.1145/2554850.2555009
- Petri K., Bandow N., Emmermacher P., Schrupf R., Masik S., & Zhang L. et al. (2015). Development of a decision system for an autonomous interacting character in a virtual reality environment to study anticipation in karate kumite. In: *Sport- technologie zwischen Theorie und Praxis VI*. Aachen, Germany: Shaker, 150–5. ISBN 978-3-8440-3974-0
- Plante T.G., Aldridge A., Bogden R., & Hanelin C. (2003). Might virtual reality promote the mood benefits of exercise? *Comput Hum Behav*, 19, 495–509. doi:10.1016/S0747-5632(02)00074-2
- Pressman, S. Matthews, K.A. Cohen, S. Martire, L.M. Scheier, M. Baum, A. & Schulz, R. (2009). Association of enjoyable leisure activities with psychological and physical well-being. *Psychosom. Med.*, 71, 725–732. doi:10.1097/PSY.0b013e3181ad7978
- Ren-Jay Shei (2018). Competitive influences of running applications on training habits. *The Physician and sportsmedicine*, 46(4), 414–415. doi:10.1080/00913847.2018.1483696
- Rozhencov V.V., & Afonshin V.E. (2013). Tactical training in game sports using virtual reality. *[Programmnyye sistemy i vychislitel'nye metody]*, 3, 272–276.
- Ruffaldi E., Filippeschi A., Varlet M., Hoffmann C., & Bardy B. (2012). Design and evaluation of a multimodal virtual reality platform for rowing training. In: *Bergamasco M, Bardy B, Gopher D, (eds). Skill training in multimodal virtual environments*. CRC Press/Taylor & Francis, Ltd., 173–86. 10.1201/b12704-16
- Saveleva O.A., Zacharkin D.V., & Menshikova G.Ya. (2016). Body and eye movements during interactions with avatars in virtual environments. *Perception*, Sage (London, England), 45(S2), 62–63.
- Schupak, A. (2018). Simulated Golf, Real Results: Off-Course Participation Helps Drive Engagement. National Golf Foundation. Retrieved from: <https://www.thengfq.com/2018/01/simulated-golf-real-results-offcourse-participation-helps-drive-engagement/> (accessed 15 July 2019).
- Sherman W.R., & Craig A.B. (2002). Understanding virtual reality: interface, application, and design. Elsevier, San Francisco
- Shi, Y., & Peng, Q. (2018). A VR-based user interface for the upper limb rehabilitation. In *Procedia CIRP*, 78, 115–120, doi: 10.1016/j.procir.2018.08.311
- Slater M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philos T R Soc B*, 364, 3549–3557. doi:10.1098/rstb.2009.0138
- Snyder A.L., Anderson-Hanley C., & Arciero P.J. (2012). Virtual and live social facilitation while exergaming: competitiveness moderates exercise intensity. *J Sport Exerc Psychol*, 34, 252–259. doi: 10.1123/jsep.34.2.252

- Stefan C. Michalski, Ancret Szpak, & Tobias Loetscher (2019). Using Virtual Environments to Improve Real-World Motor Skills in Sports: A Systematic Review. *Frontiers in psychology*, 10, 1–9. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02159
- Velichkovskiy B.B. (2014). Psychological factors of the appearance of a sense of presence in virtual environments. *National Psychological Journal*, 15( 3), 31–38. doi: 10.11621/npj.2014.0304
- Velichkovskiy B.B. (2015). Features of cognitive control as a factor of presence in a virtual environment. [Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya psikhologii truda i organizacionnoj psikhologii: Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Moskva, 15–16 oktyabrya 2015 goda)]. Moscow, Izdatel'stvo Institut psikhologii RAN, 447–449.
- Velichkovskiy B.B., Gusev A.N., Vinogradova V.F., Arbekova O.A. (2016) Cognitive control and a sense of presence in virtual environments. Eksperimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)], 9(1), 5–20. doi:10.17759/exppsy.2016090102. (In Russ., abstr. in Engl.)
- Velichkovskiy Boris B., Gusev Alexey N., Kremlev Alexander E., & Grigorovich Sergey S. (2017). Cognitive Control Influences the Sense of Presence in Virtual Environments with Different Immersion Levels. *Lecture Notes in Computer Science*, 10324, 3–16. doi: 10.1007/978-3-319-60922-5\_1
- Vignais N., Kulpa R., Craig C., Bideau B. (2010). Virtual thrower versus real goalkeeper: the influence of different visual conditions on performance. *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, 19(4), 281–90. doi: 10.1162/PRES\_a\_00003
- Vogt T., Herpers R., Scherfgen D., Stru"der H.K., & Schneider S. (2015). Neuroelective adaptations to cognitive processing in virtual environments: an exercise-related approach. *Exp Brain Res*, 233, 1321–1329. doi:10.1007/s00221-015-4208-x
- Walls, J., Bertrand, L., & Gale, T.J. et al. (1998). Assessment of upwind dinghy sailing performance using a virtual reality dinghy simulator. *J Science Med Sport*, 1, 61–72. doi: 10.1016/S1440-2440(98)80014-5
- Yanrong Yang (2018). The innovation of college physical training based on computer virtual reality technology. *Journal of Discrete Mathematical Sciences & Cryptography*, 21(6), 1275–1280. doi:10.1080/09720529.2018.1526400
- Zinchenko YU. P., Men'shikova G. YA., Bayakovskiy YU. M., Chernorizov A. M., & Voyskunskiy A. E. (2010). Virtual reality technologies: methodological aspects, achievements and prospects. *National Psychological Journal*, 2(4), 64–71.