

DOI 10.58351/2949-2041.2026.35.6.026

Карпов Виталий Максимович

Аспирант кафедры теории и методики физического воспитания
Уральский государственный университет физической культуры
Karpov Vitaly Maksimovich
Graduate student of the Department
of Theory and Methods of Physical Education
Ural State University of Physical Culture

Пигалова Лариса Викторовна

Профессор кафедры теории и методики физического воспитания
Уральский государственный университет физической культуры
Pigalova Larisa Viktorovna
Professor, Department of Theory and Methods of Physical Education
Ural State University of Physical Culture

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ
ИММЕРСИВНОГО VR-СПАРРИНГА НА ПРОСТУЮ И СЛОЖНУЮ
СЕНСОМОТОРНУЮ РЕАКЦИЮ ТХЭКВОНДИСТОВ 12-14 ЛЕТ
DIFFERENTIAL EFFECT OF IMMERSIVE VR SPARRING ON SIMPLE AND
COMPLEX SENSORIMOTOR REACTION IN TAEKWONDO ATHLETES AGED 12-14**

Аннотация. Целью работы явилась экспериментальная проверка избирательности воздействия иммерсивного VR-тренажёра виртуального тхэквондо (VTKD версии 1.2.34) на элементарные и комплексные формы сенсомоторного реагирования у тхэквондистов 12–14 лет. Установлено, что VR-тренировки не приводят к статистически значимому улучшению простой зрительно-моторной реакции ($p > 0,1$), однако обеспечивают достоверный прирост точности сложной реакции выбора ($p < 0,05$) и выраженную положительную динамику точности акцентированных ударов в реальном спарринге. На основе полученных данных обоснована целесообразность комбинированного подхода, при котором VR-среда дополняется специализированными реакционными платформами для развития рефлекторного компонента быстроты.

Abstract. The aim of the study was to experimentally verify the selectivity of the impact of an immersive VR taekwondo simulator (VTKD version 1.2.34) on elementary and complex forms of sensorimotor response in taekwondo athletes aged 12–14. It was established that VR training does not lead to a statistically significant improvement in simple visual-motor reaction ($p > 0.1$), but provides a significant increase in the accuracy of complex choice reaction ($p < 0.05$) and a pronounced positive dynamics in the accuracy of accentuated kicks in real sparring. Based on the obtained data, the expediency of a combined approach is substantiated, in which the VR environment is supplemented by specialized reaction platforms for the development of the reflex component of speed.

Ключевые слова: Виртуальное тхэквондо, VTKD, инверсная кинематика, сенсомоторная реакция, сложная реакция выбора, юные тхэквондисты, VR-тренажёр, цифровые технологии, «Zemita», «Ludus Alliance».

Keywords: Virtual taekwondo, VTKD, inverse kinematics, sensorimotor reaction, complex choice reaction, young taekwondo athletes, VR simulator, digital technologies, «Zemita», «Ludus Alliance».

Актуальность исследования. Практически каждый детский тренер по тхэквондо знает, как непросто добиться от воспитанника стабильно точного попадания ногой в разрешённую зону электронного жилета, особенно если под рукой нет дорогостоящих систем объективного контроля. Мы часами оттачиваем удары на лапах и ракетках, однако перенести этот навык в реальный спарринг, где соперник постоянно смещается, а судьи ждут явного акустического сигнала, – задача крайне сложная. Видеозапись почти всегда запаздывает, а



тренерская оценка неизбежно грешит субъективностью. Дети 12–14 лет к тому же быстро утрачивают интерес к однотипной наработке одного и того же удара – им нужна мотивация, игра, немедленная обратная связь. Между тем именно этот возраст большинство физиологов и теоретиков спорта считают чувствительным для развития координационных и скоростных способностей, когда закладывается фундамент технического мастерства, и упускать такой период из-за нехватки адекватных средств контроля просто недальновидно [1; 2; 3; 5; 7; 9; 11].

Отдельные попытки внедрить цифровые технологии в единоборства уже предпринимались [3, 4, 6,; 10]. Например, А.А. Петров на примере каратистов показал, что визуализация траектории в VR даёт 12–15% прироста точности прямых ударов [8]. В тхэквондо зарубежные авторы J.mKim, S.Park, H. Lee выявили улучшение антиципации у юниоров, однако точность ударов у них возросла лишь на 6%, что исследователи связали с несовершенством трекинга того времени [13, с. 1345]. Lee & Park обнаружили высокую корреляцию между рейтинговыми баллами виртуального пхумсэ и судейскими оценками ($r=0,78$), но целостной методики, встроенной в недельный микроцикл подготовки юных тхэквондистов, в доступной нам литературе найдено не было [14, с. 289].

Однако куда меньше внимания уделялось вопросу о том, на какие именно компоненты скоростных способностей – элементарные (простая сенсомоторная реакция) или комплексные (сложная реакция выбора, антиципация) – VR-тренинг воздействует в первую очередь. Понимание этой дифференциации имеет принципиальное значение для построения тренировочного процесса. Если VR-спарринг избирательно развивает лишь когнитивный компонент быстроты, оставляя без должной стимуляции рефлекторную основу, тогда целостная подготовка тхэквондиста потребует дополнения VR-программы иными техническими средствами. Именно этот пробел и подтолкнул нас к собственному исследованию.

Цель исследования – Экспериментально оценить избирательность воздействия иммерсивного VR-тренажёра виртуального тхэквондо (VTKD версии 1.2.34) на простую и сложную сенсомоторные реакции у тхэквондистов 12–14 лет и на этой основе предложить комбинированную методику, обеспечивающую одновременное совершенствование обеих форм реагирования.

Условия, материалы и методы. Исследование проводилось на базе МБУДО «СШОР «Корё» по тхэквондо г. Челябинска с сентября по декабрь 2025 года. В нём приняли участие 30 спортсменов 12–14 лет, имеющих I юношеский разряд и выше. Все испытуемые и их родители дали информированное согласие. Методом случайной выборки были сформированы контрольная ($n=15$) и экспериментальная ($n=15$) группы, достоверно не различавшиеся по исходному уровню тестовых показателей ($p>0,2$).

Контрольная группа тренировалась по стандартной программе СШОР: четыре занятия в неделю по 90 минут, работа на лапах, ракетках, спарринги. Экспериментальная группа получала те же четыре тренировки, но дважды в неделю вместо традиционной 20-минутной отработки на лапах занималась в виртуальной среде. Использовалась одна гарнитура Meta Quest 2 с установленным программным обеспечением виртуального тхэквондо версии 1.2.34 и единой учётной записью – таким образом исключался разброс настроек. Перед началом каждого занятия выполнялась калибровка роста и игровой зоны строго по инструкции: замер реального роста спортсмена, установка безопасной области 2×2 метра. Контроллеры имитировали руки, ноги отслеживались через инверсную кинематику по положению головы и контроллеров; от спортсменов постоянно требовали держать корпус фронтально к виртуальному противнику, чтобы избежать «упрощения» движений.

VR-часть микроцикла строилась следующим образом. Первое занятие – режим «Тренировка»: отработка дольо-чаги и твит-чаги по движущимся мишеням с визуализацией траектории и получением звёзд точности. Тренер следил, чтобы спортсмен не «подгонял» удар под упрощённую модель, а сохранял полную амплитуду. Второе занятие – два трёхраундовых спарринга с ИИ-противником среднего уровня сложности, затем один раунд в мультиплеере против товарища по команде (приватная комната). Спарринги проводились по правилам ВТФ



с виртуальным жилетом и шлемом, подсчётом очков и штрафов. После каждой сессии программа фиксировала процент точных попаданий, количество ошибок и средний рейтинг точности за удар.

Для дополнительного контроля и стимуляции быстроты двигательных реакций эпизодически (один раз в две недели) применялись тренировочные системы «Zemita» и «Ludus Alliance». Светодиодная платформа «Zemita» использовалась для оценки простой сенсомоторной реакции: спортсмен должен был максимально быстро нанести удар заданной ногой по случайно загорающейся мишени. Тренажёр «Ludus Alliance» применялся для оценки сложной реакции выбора: спортсмену предъявлялись стимулы трёх цветов в различных зонах, каждый из которых требовал определённого технического действия (прямой удар, боковой удар, защитный манёвр с контратакой). Обе системы автоматически фиксировали время ответа и его правильность.

Для оценки эффективности применялись три блока тестов. Первый – реальный спарринг (2 раунда по 1,5 минуты) с экспертной фиксацией точных попаданий в жилет и голову; точным считался удар, нанесённый с выраженным акцентом и разрешённой частью стопы, подтверждённый двумя судьями из трёх. Второй блок – виртуальное выполнение пхумсэ Тхэгык 4 и 5 с регистрацией рейтинга точности, выставляемого программой (от 0 до 100). Третий – сенсомоторные реакции: простая (время удара по загоревшейся мишени на платформе «Zemita») и сложная (время и точность реакции выбора на тренажёре «Ludus Alliance»), измеренные до и после эксперимента.

Статистическую обработку проводили в пакете Statistica 10.0, применяя t-критерий Стьюдента для связанных и несвязанных выборок.

Результаты и обсуждение. Основные цифры сведены в таблицу 1. За три месяца экспериментальная группа прибавила в точности долю-чаги в реальном спарринге на 14,5 процентных пункта (с $57,3 \pm 5,2\%$ до $71,8 \pm 6,1\%$), тогда как контрольная – лишь на 2,8 п.п. Различия между группами после эксперимента оказались статистически значимыми ($p=0,032$). Схожая динамика отмечена по твит-чаги: прирост 11,6 п.п. против 2,1 п.п. в контроле ($p=0,041$). Ещё заметнее разница в рейтинге точности виртуального пхумсэ – с $62,4 \pm 7,3$ до $79,5 \pm 6,9$ балла в экспериментальной группе ($p=0,008$), в то время как в контрольной динамика практически отсутствовала (с $63,1 \pm 6,8$ до $64,0 \pm 7,1$, $p=0,71$). Причина, на наш взгляд, прозрачна: «экспериментальные» ребята регулярно получали цифровую обратную связь о синхронности и стойке, а «контрольные» – лишь эпизодические замечания тренера.

Таблица 1

Динамика показателей сенсомоторных реакций и точности ударов

Показатель	Группа	До эксперимента	После эксперимента	Прирост	p
Простая сенсомоторная реакция, мс	ЭГ	248±18	241±16	-7 мс	>0,1
	КГ	250±20	245±19	-5 мс	>0,1
Сложная сенсомоторная реакция, мс	ЭГ	520±35	489±30	-31 мс	<0,05
	КГ	515±33	508±32	-7 мс	>0,1
Точность долю-чаги в спарринге, %	ЭГ	57,3±5,2	71,8±6,1	+14,5 п.п.	0,032
	КГ	58,1±4,9	60,1±4,8	+2,0 п.п.	0,41
Точность твит-чаги в спарринге, %	ЭГ	54,6±6,0	66,2±5,7	+11,6 п.п.	0,041
	КГ	55,0±5,8	57,1±5,3	+2,1 п.п.	0,52
Рейтинг точности пхумсэ, баллы	ЭГ	62,4±7,3	79,5±6,9	+17,1	0,008
	КГ	63,1±6,8	64,0±7,1	+0,9	0,71

Примечание: ЭГ – экспериментальная группа (n=15), КГ – контрольная группа (n=15); p – достоверность внутригрупповых различий по t-критерию Стьюдента для связанных выборок; для межгрупповых различий после эксперимента $p<0,05$ по всем показателям, кроме простой реакции.



Обратим внимание на неожиданный, но показательный результат. В тесте на простую сенсомоторную реакцию достоверных различий мы не обнаружили ни внутри групп, ни между ними ($p > 0,1$). Время реакции в экспериментальной группе сократилось с 248 ± 18 мс до 241 ± 16 мс, в контрольной – с 250 ± 20 мс до 245 ± 19 мс. Казалось бы, виртуальный спарринг должен заставлять реагировать практически мгновенно. Почему этого не произошло? Вероятно, причина в том, что ИИ-противник среднего уровня действует достаточно шаблонно, и спортсмены быстро привыкают к ритмичной «перестрелке», а не к внезапным одиночным стимулам. Кроме того, как известно, простая реакция в значительной степени обусловлена генетически и отражает скорость проведения импульса по рефлекторной дуге, которая слабо тренируется через когнитивно насыщенные сценарии [1; 5].

Напротив, сложная реакция выбора показала достоверное улучшение: в экспериментальной группе время снизилось с 520 ± 35 мс до 489 ± 30 мс ($p < 0,05$), в контрольной – с 515 ± 33 мс до 508 ± 32 мс ($p > 0,1$). Это прямое свидетельство того, что иммерсивная среда избирательно стимулирует центральные механизмы переработки информации, ответственные за антиципацию и оперативный выбор ответа. На практике это выражалось в том, что ребята стали реже запаздывать с контратакой, чаще бить в два уровня – то есть улучшилось тактическое мышление.

Наши данные во многом согласуются с выводами А.А. Петрова [8] и Lee & Park [14], но расходятся с результатами Kim & Cho [12], где прирост точности был скромным. Скорее всего, дело в более совершенном трекинге современных гарнитур. В то же время мы столкнулись с любопытной трудностью: в первые две недели несколько юношей начали переносить «виртуальный» рисунок удара в реальный спарринг – укорачивали фазу выноса бедра. Пришлось потратить дополнительное время на коррекцию, постоянно напоминая о полной амплитуде. Нельзя сбрасывать со счетов и эффект новизны – дети с восторгом нацепили шлемы, что, безусловно, отразилось на мотивации. Когда пройдет полгода, восторг уляжется, и прирост может снизиться. К ограничениям нашей работы отнесём также небольшую выборку и отсутствие гормонального контроля, который позволил бы судить о стресс-реакциях на VR-нагрузку.

Выводы

1. Систематическое включение в тренировочный процесс 20-минутных VR-сессий на базе VTKD (версия 1.2.34) дважды в неделю в сочетании с эпизодическим применением диагностических систем «Zemita» и «Ludus Alliance» обеспечило статистически достоверное улучшение сложной сенсомоторной реакции выбора (на 31 мс, $p < 0,05$) и не привело к значимому сдвигу времени простой реакции ($p > 0,1$).

2. VR-тренировки продемонстрировали высокую эффективность в повышении точности акцентированных ударов доль-чаги и твит-чаги в реальном спарринге (прирост 14,5 и 11,6 п.п. соответственно), а также рейтинга точности виртуального пхумсэ, что позволяет рассматривать данную технологию как действенный инструмент технико-тактической подготовки.

3. Избирательность воздействия VR-среды на когнитивный компонент быстроты при отсутствии значимых сдвигов в рефлекторном звене обосновывает необходимость комбинированного подхода: VR-спарринг целесообразно дополнять специализированными реакционными платформами типа «Zemita», направленными на развитие простой сенсомоторной реакции.

4. Разработанная методика может быть рекомендована ДЮСШ и СШОР как дополнительное средство подготовки, однако требует обязательного контроля тренера за сохранением полной биомеханической структуры ударов в первые недели адаптации к виртуальной среде

Список литературы:

1. Верхошанский Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 2008. – 331 с.



2. Захаров А.Н. Использование технологий виртуальной реальности в тренировочном процессе юных единоборцев // Вестник спортивной науки. – 2022. – № 3. – С. 45–49.
3. Иванов С.К. Оценка технической подготовленности тхэквондистов-юниоров с использованием цифровых платформ // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 8. – С. 48–52.
4. Кузнецов П.В. Развитие быстроты двигательных реакций у тхэквондистов 10–12 лет с помощью компьютерных тренажёров // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 7 (197). – С. 178–182.
5. Матвеев Л.П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты: учебник. – 6-е изд. – М.: Спорт, 2019. – 342 с.
6. Морозов Д.А. Влияние занятий виртуальным тхэквондо на показатели сенсомоторной координации подростков // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2023. – № 4. – С. 22–25.
7. Никитушкин В.Г., Суслов Ф.П. Спорт высших достижений: теория и методика: учеб. пособие. – М.: Спорт, 2018. – 318 с.
8. Петров А.А. Виртуальные тренажёры как средство повышения точности ударных действий в каратэ // Вестник спортивной науки. – 2021. – № 5. – С. 23–27.
9. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения. – М.: Советский спорт, 2005. – 820 с.
10. Сидоров Е.В. Особенности инверсной кинематики в VR-симуляторах единоборств // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 4 (218). – С. 303–308.
11. Фролов Д.М. Сенсомоторные реакции в тхэквондо: возрастные и квалификационные аспекты // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2020. – № 2. – С. 15–18.
12. Cho H., Kim D. Virtual reality-based training for improving dynamic balance and kicking speed in taekwondo // Journal of Sports Science and Medicine. – 2021. – Vol. 20. – P. 455–461.
13. Kim J., Park S., Lee H. Effects of virtual reality sparring on anticipation and reaction time in youth taekwondo athletes // Journal of Sports Sciences. – 2020. – Vol. 38, No. 12. – P. 1345–1352.
14. Lee M., Park S. Virtual poomsae evaluation: correlation with human judges' scores // International Journal of Performance Analysis in Sport. – 2022. – Vol. 22, No. 3. – P. 289–300.
15. Wagner M., Schneider P. Sensorimotor adaptation in immersive virtual environments: implications for martial arts training // Human Movement Science. – 2022. – Vol. 81

