



УДК 159.9.072.43

ДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ФУНКЦИИ СПОРТСМЕНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

THE DIAGNOSTIC OF ATHLETES VESTIBULAR FUNCTION RESISTANCE USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY



Ковалев Артём Иванович – младший научный сотрудник лаборатории «Восприятие» факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, artem.kovalev.msu@mail.ru

Kovalev Artem – Senior Researcher of Laboratory «Perception» of the Department of Psychology at the Lomonosov

Moscow State University, Moscow, Russia



Климова Оксана Анатольевна – научный сотрудник лаборатории психологии труда факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, Okli07@yandex.ru

Klimova Oksana – Researcher of Laboratory of Labor Psychology of the Department of Psychology at the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Ключевые слова: вестибулярная функция, виртуальная реальность, движения глаз, фигурное катание.

Аннотация. В статье представлены результаты изучения вестибулярной функции фигуристов, футболистов и ушуистов с применением технологий виртуальной реальности и регистрации движений глаз. В инициируемых экспериментально условиях нарушения вестибулярной функции были обнаружены особые паттерны движений глаз фигуристов, позволяющих им поддерживать правильное положение и ориентацию тела в пространстве.

Keywords: vestibular function, virtual reality, eye movements, figure skating.

Abstract. In this paper the results of figure skaters, football players and wushu fighters vestibular function investigation are presented. Virtual reality and eye tracking were used for this goal. During vestibular dysfunction conditions in virtual reality the special figure skaters eye movements were found. These eye movements helped them to maintain the right space orientation and body balance.

Актуальность исследования. Современный этап развития спортивной психологии характеризуется значительным увеличением количества исследований с использованием высокотехнологичных методов [1]. К ним относится, в частности, технология виртуальной реальности – комплекс средств визуализации, включающий в себя специализированные установки (CAVE-системы, системы дополненной реальности, HMD-шлемы, сферические дисплеи). Применение технологий виртуальной

реальности в спортивной психологии позволяет моделировать различные условия, например ситуацию соревнований, а также более эффективно выстраивать реабилитационные процедуры посредством повышения мотивации спортсмена к выполнению восстановительных заданий [2].

Актуальной задачей настоящего времени является использование технологий виртуальной реальности для тестирования различных функциональных систем организма. В частности, такой



сложной системы как вестибулярная функция, необходимая для поддержания правильного положения и ориентации тела в пространстве. В основе работы данной системы лежат механизмы интеграции сенсорной информации, поступающей от различных анализаторов. Несогласованность между поступающими потоками сенсорных сигналов приводит к нарушению работы вестибулярной функции, что выражается в появлении головокружения, тошноты, потери ориентации в пространстве, иллюзорном ощущении движения собственного тела [6]. Примером такого рода нарушений является «морская болезнь», возникающая вследствие расогласования между зрительным и вестибулярным сигналами.

Устойчивая работа вестибулярной функции крайне важна для успешного выполнения спортивной деятельности, особенно в тех видах спорта, для которых баланс тела в пространстве является главной составляющей. К таким видам спорта относятся, например, фигурное катание. Многочисленные ускорения и замедления, наклоны и вращения, сложность сохранения равновесия на малой площади опоры повышают тонкость анализа положений и перемещений тела и развивают вестибулярную функцию. В фигурном катании даже существует специальный термин, описывающий наличие высокой степени эффективности интеграции сенсорной информации – «чувство льда» [4]. В связи с этим возникает задача объективной оценки устойчивости вестибулярной функции.

Цель исследования – разработать методику объективной диагностики устойчивости вестибулярной функции с применением средств виртуальной реальности и системы регистрации движений глаз. Технология виртуальной реальности в данном случае выступила в качестве уникального инструментария для создания условий нарушения работы вестибулярной функции различной интенсивности путём инициации сенсорного конфликта между зрительным и вестибулярным сигналами. Движения глаз в свою очередь выступили в качестве объективного индикатора состояния вестибулярной функции. Движения глаз используются организмом для стабилизации изображения на сетчатке при физическом перемещении тела (вестибуло-окулярный рефлекс) или в ситуации наблюдения движущейся зрительной стимуляции, занимающей значительную часть зрительного поля (оптокинетический нистагм) [7]. Поэтому была выдвинута первая гипотеза о том, что изменения в работе вестибулярной функции в условиях её нарушения в виртуальной

реальности найдут своё отражение в изменении параметров глазодвигательной активности. Вторая гипотеза заключалась в том, что спортсмены разных видов спорта обладают различной устойчивостью вестибулярной функции. Задачами исследования стали разработка среды виртуальной реальности, подходящей для инициации сенсорного конфликта различной степени интенсивности, а также определение наиболее информативных параметров глазодвигательной активности с точки зрения оценки устойчивости вестибулярной функции.

Испытуемые. В исследовании приняли участие спортсмены: 30 фигуристов в возрасте от 15 до 24 лет (18 женщин и 12 мужчин), 21 фигурист имел разряд «Мастер спорта» и 9 «Кандидат в мастера спорта»; 30 футболистов в возрасте от 15 до 20 лет (30 мужчин), 7 футболистов имели разряд «Мастер спорта» и 23 футболиста «Кандидат в мастера спорта»; 30 ушуистов в возрасте от 16 до 21 года (19 мужчин и 11 женщин), 20 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 занимающиеся профессионально какими-либо видами спортивной деятельности.

Организация исследования. 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. Для регистрации движения глаз использовалась система SMI Eye tracking glasses. Частота записи равна 30 Гц. Программное обеспечение для установки виртуальной реальности было написано в специальной среде Virtools 4.0. Обработка результатов регистрации глазодвигательной активности проводилась с помощью программы BeGaze 3.7.

Поскольку согласно гипотезе данного исследования фигуристы, ушуисты и футболисты обладают различной степенью устойчивости вестибулярной функции, в эксперименте было создано 3 виртуальные среды. Они отличались шириной поля зрения испытуемого с целью варьирования степени воздействия виртуального пространства на испытуемых – чем больше ширина поля зрения, тем выше вероятность возникновения нарушений в работе вестибулярной функции [8]. Виртуальная сцена состояла из 256 ярких шаров, которые, как единое целое, вращались вокруг пользователя. Шары имели синий цвет, их диаметр составлял в первом, втором и третьем условиях 5 см, 10 см и 15 см соответственно. В центре экрана была установлена

фиксационная точка. Ширина поля зрения изменялась: в 1 условии – все шары занимали только центральную часть фронтального экрана с шириной угла обзора равной 45° , во 2 условии – весь фронтальный экран с шириной угла обзора в 90° , а в 3 условии – все поле зрения испытуемого с шириной угла обзора равной 180° . Испытуемый помещался в центр комнаты и неподвижно в положении «стоя», наблюдал за вращением стимуляции вокруг него по криволинейной траектории в течение двух минут для каждого условия.

В качестве индикатора устойчивости вестибулярной функции использовались макропоказатели движений глаз – количество фиксаций, морганий и саккад, а также характер профилей пространственно-временных глазодвигательных траекторий. Кроме того, все испытуемые после каждого условия заполняли опросник «Симуляторные расстройства» [3], направленный на определение степени дискомфорта, возникающего вследствие сенсорного конфликта. Результатом заполнения опросника является общий балл, показывающий интенсивность совокупности дискомфортных ощущений (тошнота, головокружение, потеря ориентации в пространстве). Максимально возможное значение общего, свидетельствующее о крайней степени дискомфорта равно 1000 баллов.

Испытуемые заполняли опросник после каждого условия.

Результаты исследования и их обсуждение.

Полученные данные были проанализированы методом двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями. Многомерные тесты показывают статистически значимые влияния факторов «Ширина угла обзора» ($F=77,867$, $df=16$, $p=0,001$) и «Вид спорта» ($F=2,544$, $df=24$, $p=0,001$) на все зависимые переменные. При этом взаимодействие между факторами так же достигает значимого уровня ($F=2,471$, $df=48$, $p=0,001$).

Было обнаружено, что при ширине угла обзора в 45° и 90° средние значения всех зависимых переменных значимо не отличаются ($p>0,05$) между разными группами испытуемых внутри условий. При этом сами условия, как показала проверка по методу внутригрупповых контрастов, значимо отличаются между собой по всем глазодвигательным характеристикам и значениям общего балла опросника ($p<0,001$).

Микроструктурный анализ пространственно-временных траекторий движений глаз позволил установить, что в течение первого условия положения взгляда всех групп испытуемых остаётся относительно стабильным. В первом условии и спортсмены, и студенты совершают в среднем

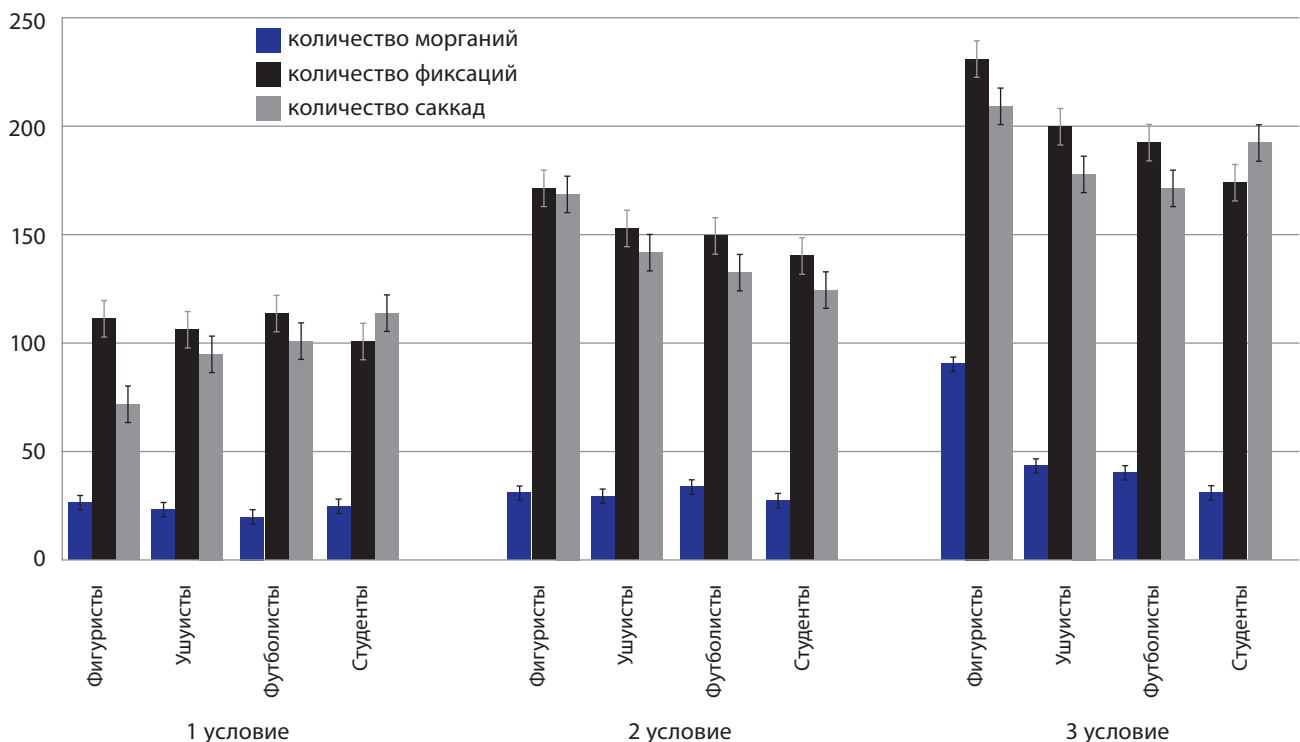


Рисунок 1 – Средние значения числа морганий, фиксаций и саккад испытуемых для трех условий предъявления стимуляции



одинаковое количество морганий, фиксаций и саккад (Рисунок 2). Что говорит о высокой успешности испытуемых фиксировать взгляд на точке. Значение общего балла по опроснику «Симуляторные расстройств» также невелико (менее 200 баллов). В течение второго условия фигуристы начинают совершать несколько большее в сравнении в среднем с остальными испытуемыми количество фиксаций (171 против 152) и саккад (167 против 140). В траекториях движений глаз всех испытуемых в данном условии был обнаружен оптокинетический нистагм (ОКН) – движения глаз, состоящие из медленной фазы прослеживания движения зрительного стимула и возвратной саккады на точку первоначальной фиксации взгляда [5]. Значение общего балла опросника у всех групп испытуемых возрастает в среднем на сходные значения. В третьем условии у фигуристов выросло количество морганий, фиксаций и саккад. Значение общего балла опросника «Симуляторное расстройство» у фигуристов при этом остается таким же, как и во втором условии (400 баллов). В то время как у всех остальных групп испытуемых балл опросника увеличивается (до 800 баллов). Анализ пространственно-временных траекторий движений глаз позволил установить, что в течение третьего условия у всех групп испытуемых, кроме фигуристов, ОКН исчезает. Вместо него наблюдаются несистематические перемещения взгляда с разной амплитудой. При этом у группы фигуристов ОКН сохраняется, но имеет характерные особенности – профиль медленных фаз делится на несколько составных частей, разделённых фиксацией, после окончания циклов ОКН следуют комплексы высокоамплитудных саккадических движений. Такие изменения следует рассматривать как проявления особого компенсаторного глазодвигательного механизма по отношению к нарушению работы вестибулярной функции вследствие возникающего сенсорного конфликта. То есть фигуристы, в отличие от других групп испытуемых, демонстрируют большую устойчивость вестибулярной функции, которая достигается с помощью использования особых паттернов движений глаз. Данный вывод подтверждается небольшими баллами опросника, полученными фигуристами, что говорит о стабильной работе вестибулярной функции.

Выводы:

1. Разработаны среды виртуальной реальности, позволяющие инициировать нарушения вестибулярной функции спортсменов посредством

создания зрительно-вестибулярного сенсорного конфликта.

2. Определены параметры глазодвигательной активности, выступающие в качестве объективных индикаторов устойчивости вестибулярной функции. В частности, с использованием метода микроструктурного анализа пространственно-временных траекторий движений глаз у фигуристов была обнаружена особая форма оптокинетического нистагма, наличие которой позволило им поддерживать правильную ориентацию тела в пространстве.

3. Полученные результаты диагностики устойчивости вестибулярной функции с применением технологии виртуальной реальности позволили объективно установить, что данная функция у ушуистов и футболистов значительно менее устойчива к нарушениям в работе в ситуации сенсорного конфликта, по сравнению с фигуристами. Тем самым фигуристы являют собой пример спортсменов, обладающих наиболее развитой функциональной системой баланса тела в пространстве.

Данное исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ №17-36-01101.

Литература

1. Веракса, А.Н., Глазодвигательные параметры стрелков из лука в процессе прицеливания / А.Н. Веракса, Е. Ю. Коробейникова, С.В. Леонов, Е.И. Рассказова // Психологический журнал. – 2016. – №1(37). – С. 102-111.

2. Зинченко, Ю.П., Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы / Ю.П. Зинченко, Г.Я. Меньшикова, Ю.М. Баяковский, А.М. Черноризов, А.Е. Войскунский // Национальный психологический журнал. – 2010. – № 2(4). – С. 64-72.

3. Ковалёв, А.И., Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования. / А.И. Ковалёв, Г.Я. Меньшикова // Национальный психологический журнал. – 2015. – №4(20). – С. 91-104.

4. Чайковская, Е.А., Фигурное катание / Е.А. Чайковская – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Физкультура и спорт. – 2003. – 160 с.

5. Authié, C.N., Optokinetic nystagmus is elicited by curvilinear optic flow during high speed curve driving / C.N. Authié, D. R. Mestre // Vision research. – 2011. – №16(51). – P.1791-1800.

6. Hettinger, L.J., Vection and simulator sickness / L.J. Hettinger, K.S. Berbaum, R.S. Kennedy, W.P. Dunlap, M.D. Nolan // Military Psychology – 1990. – № 3(2). – P.171-181.

7. Keshavarz, B., Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study / B. Keshavarz, S. Berti // Behavioural Brain Research. – 2014. – №1(259). – P. 131-136.

8. Sharples, S., Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems / S. Sharples, S. Cobb, A. Moody, J. Wilson // Displays. – 2008. – №2(29). – P. 58- 69.

Literature

1. Veraksa, A.N., Archer's eye movement's characteristics during aiming /A.N. Veraksa, E. Yu. Korobeinikova, S.V.Leonov., E.I. Rasskazova // Psikhologicheskii zhurnal. – 2016. – №1(37). – P. 102-111.

2. Zinchenko, Yu.P., Virtual reality technology: the methodological aspects, achievements and outlook / Yu. P. Zinchenko, G. Ya. Menshikova, Yu. M. Bayakovskii, A.M. Chernorizov, A.E. Voiskunskii // Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal. – 2010. – №2(4). – P. 64-72.

3. Kovalev, A.I., Vection illusion in virtual reality: the psychological and psychophysiological mechanisms

/ A.I. Kovalev., G.Ya. Menshikova // Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal. – 2015. – №4(20). – P. 91-104.

4. Chaikovskaya, E.A., Figure skating / E.A. Chaikovskaya // Fizkul'tura i sport [third edition]. – Moskva. – 2003. – 160 p.

5. Authié, C.N., Optokinetic nystagmus is elicited by curvilinear optic flow during high speed curve driving / C. N. Authié, D. R. Mestre // Vision research. – 2011. – №16(51). – P. 1791-1800.

6. Hettinger, L.J., Vection and simulator sickness / L.J. Hettinger, K.S. Berbaum, R.S. Kennedy, W.P. Dunlap, M.D. Nolan // Military Psychology – 1990. – № 3(2). – P.171-181.

7. Keshavarz, B., Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study / B. Keshavarz, S. Berti // Behavioural Brain Research. – 2014. – №1(259). – P.131-136

8. Sharples, S., Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems / S. Sharples, S. Cobb, A. Moody, J. Wilson // Displays. – 2008. – №2(29). – P.58- 69.

