

УДК 159.91, 004.946  
doi: 10.11621/vsp.2018.04.135

## РОЛЬ НИСТАГМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ В ФОРМИРОВАНИИ ИЛЛЮЗИИ ДВИЖЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ТЕЛА

Г. Я. Меньшикова, А. И. Ковалев

**Актуальность.** Изучение психологических и психофизиологических механизмов ориентации тела в пространстве является одной из важнейших задач современной нейронауки. В том числе в связи с ростом использования технологий визуализации и симуляции (виртуальная реальность, проекционные системы, тренажеры летательных аппаратов), применение которых часто сопряжено с возникновением рассогласования между поступающими сенсорными сигналами. Одним из феноменов, появляющихся в результате такого рассогласования, является иллюзия движения собственного тела — иллюзорное восприятие неподвижным наблюдателем собственного перемещения при рассматривании движущегося зрительного стимула, занимающего значительную часть зрительного поля.

**Цель.** Изучение роли движений глаз, происходящих по типу оптокинетического нистагма, в формировании и протекании иллюзии движения собственного тела.

**Методика и выборка.** В качестве стимуляции выступал виртуальный оптокинетический барабан, вращающийся со скоростями 30, 45 и 60 град/с. Стимуляция предъявлялась в системе виртуальной реальности *CAVE-system*. Испытуемые — 17 человек (10 мужчин и 7 женщин) в возрасте от 19 до 27 лет.

**Результаты.** Были проанализированы длительности медленных фаз оптокинетического нистагма во время переживания испытуемыми

---

**Меньшикова Галина Яковлевна** — доктор психологических наук, зав. лабораторией «Восприятие» ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail:* gmenshikova@gmail.com

**Ковалев Артем Иванович** — кандидат психологических наук, младший научный сотрудник лаборатории «Восприятие» ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail:* artem.kovalev.msu@mail.ru

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 17-36-01101).

иллюзии движения собственного тела. Оказалось, что интенсивность иллюзии и длительность медленных фаз оптокинетического нистагма тем больше, чем больше скорость вращения виртуального стимула. Также было показано, что ухудшение в реализации медленной фазы нистагма приводит к значительному росту интенсивности иллюзии, а восстановление нистагменных движений снижает выраженность иллюзии. Таким образом, было обнаружено, что реализация оптокинетического нистагма является компонентом системы пространственной ориентации человека и выступает регуляторным фактором по отношению к иллюзии движения собственного тела человека. Была доказана эффективность применения системы виртуальной реальности CAVE в изучении сложных когнитивных процессов переживания.

*Ключевые слова:* зрительное восприятие, векция, виртуальная реальность, движения глаз, оптокинетический нистагм.

## Введение

Восприятие положения и ориентации собственного тела в пространстве является одним из важнейших процессов для адаптации и обеспечения навигации в окружающей среде. У человека для реализации данной функции в процессе эволюционного развития были успешно сформированы мозговые механизмы, позволяющие интегрировать и анализировать информацию, поступающую от различных органов чувств, а также при такой интеграции учитывать действие высокоуровневых факторов (прошлый опыт, предвосхищение изменения положений тела и т.п.). Однако в некоторых ситуациях восприятие положения и ориентации тела человека является неадекватным его реальному пространственному расположению. Одним из примеров подобных «ошибок» восприятия является возникновение иллюзии движения собственного тела, или векции (от англ. *vection* — перенос) — переживания неподвижным человеком иллюзорного движения собственного тела в отсутствии реального физического перемещения его в пространстве (Fischer, Kornmüller, 1930; Palmisano et al., 2015). В повседневной жизни данный феномен проявляется в ряде ситуаций, например в случае наблюдения пассажиром отправления поезда с соседнего пути, когда, оставаясь физически неподвижным, человек ощущает иллюзорное движение в направлении, противоположном направлению движения соседнего состава.

Для объяснения причин возникновения векции с опорой на протекание физиологических процессов в организме человека была предложена теория сенсорного конфликта, разработанная

первоначально для изучения механизмов кинетоза и укачивания (Reason, 1978). Согласно данной теории векция возникает в результате рассогласования между сигналами сенсорных систем различных модальностей, принимающих участие в формировании представления об ориентации и положении тела в пространстве. К ним относят в первую очередь вестибулярную, проприоцептивную и зрительную сенсорные системы. В том случае, если текущий паттерн поступающих сенсорных сигналов отличается от сигналов, встречающихся вместе в прошлом, возникает сенсорный конфликт, который в свою очередь приводит к головокружению, потере ориентации в пространстве и возникновению иллюзии. Однако даже с использованием различных модификаций данной теории (Van der Steen, 1998; Wertheim, 1994) до сих пор не были решены такие важнейшие методологические проблемы в изучении векции, как разработка адекватного достоверного индикатора выраженности иллюзии и динамики ее протекания, определение конкретных мозговых механизмов ее возникновения. Многочисленные исследования иллюзии движения собственного тела, проведенные с применением средств регистрации активности головного мозга, позволили получить разобщенные результаты (Goodale et al., 1991; Kleinschmidt et al., 2002; Previc, 2000). Общим для некоторых из этих работ является обнаружение повышения активности в области мозжечка во время переживания иллюзии. Также авторы сходятся во мнении о том, что система определения положения и ориентации тела в пространстве имеет сложную мозговую организацию, а возникновение иллюзии в ситуации сенсорного конфликта не имеет однозначного и выраженного отражения в изменении мозговой активности (Ковалев, Меньшикова, 2015).

Среди используемых методов оценки выраженности иллюзии наибольшее распространение получили опросниковые методики и методики прямого шкалирования. Наиболее известным опросником является методика «Симуляторные расстройства» (*Simulator sickness questionnaire*, или SSQ), разработанная Р. Кеннеди с коллегами (Kennedy, 1993) для задач оценки воздействия симуляторов космических полетов при подготовке космонавтов. Опросник состоит из 16 пунктов, по каждому из которых участник отмечает одну из 4 степеней выраженности обозначенного ощущения — «не ощущаю», «незначительно ощущаю», «умеренно ощущаю» и «ощущаю сильно». Пункты опросника представляют собой различные дискомфортные ощущения, такие, как, например, тошнота, головокружение при открытых и закрытых глазах,

сложность фокусировки и т.п. В результате заполнения данных пунктов рассчитывается «Общий балл» — чем выше его значение, тем сильнее сенсорный конфликт и, следовательно, тем большую выраженность имеет иллюзия движения собственного тела. Тем не менее данный опросник представляет собой лишь косвенный метод оценки выраженности иллюзии посредством анализа интенсивности дискомфортных симптомов.

Поиск иных методов изучения иллюзии без привлечения анализа мозговой активности и субъективных отчетов испытуемых привел к попыткам использования параметров глазодвигательной активности (Menshikova et al., 2014, 2015). Регистрация движений глаз — распространенный метод изучения протекания когнитивных и эмоциональных процессов человека (Меньшикова и др., 2017). Применительно к иллюзии движения собственного тела наибольший интерес имеют параметры прослеживающих движений глаз, так как известно, что во время наблюдения за движущимся стимулом, вызывающим векцию, глаза совершают характерные движения, состоящие из плавного прослеживания стимула и возвратной саккады (Кисляков, Неверов, 1966). Такая форма реализации глазодвигательной активности называется оптокинетическим нистагмом (ОКН). В ранних работах, посвященных использованию технологии регистрации движений глаз в изучении психической деятельности, было показано, что определенные параметры ОКН, а именно скорость медленной фазы и частота ударов фиксационного ОКН, являются индикаторами протекания процессов внимания (Романов, 1973). А потенциал анализа параметров ОКН в изучении векции был недавно показан в работе С. Пальмизано с коллегами (Palmisano et al., 2015), который обнаружил, что время возникновения иллюзии (фиксировалось путем нажатия испытуемым на кнопку манипулятора), медленная фаза ОКН, имела бóльшую длительность по сравнению с ситуацией отсутствия иллюзии. Важно отметить, что в этом исследовании стимуляция представляла собой движущиеся по линейной траектории небольшие светящиеся точки, приближающиеся или отдаляющиеся от испытуемого в течение 30 с. При этом предъявление стимулов происходило посредством широкоформатного дисплея. Таким образом, была обнаружена возможная связь между параметрами ОКН и переживанием векции. В настоящем исследовании была поставлена цель изучить роль нистагменных движений глаз в формировании иллюзии движения собственного тела.

Была выдвинута гипотеза о том, что на переживание иллюзии движения собственного тела оказывает влияние скорость движения

наблюдаемого стимула, в частности предполагалось, что большая скорость вращения стимула вокруг испытуемого приведет к возникновению векции большей интенсивности, что найдет отражение в динамике нистагменных движений глаз. Задачами исследования стали разработка виртуальной среды, вращающейся вокруг испытуемого в горизонтальной плоскости с различными угловыми скоростями, разработка метода качественного и количественного анализа нистагменных движений глаз, выделение основных параметров ОКН, свидетельствующих о динамике переживания иллюзии движения собственного тела.

## Методы

В эксперименте приняли участие 17 испытуемых (10 мужчин и 7 женщин) в возрасте от 19 до 27 лет. Все испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального зрение, а также не имели органических поражений вестибулярного аппарата или иных нарушений в работе вестибулярной функции.

Для предъявления стимуляции использовалась высокоинтенсивная установка виртуальной реальности *CAVE-system (Cave active virtual environment)*. Установка состояла из четырех больших плоских квадратных экранов, соединенных в куб. Программное обеспечение для проведения эксперимента в *CAVE* системе было представлено специальным приложением *VirTools 4.0*. Для регистрации движения глаз использовался прибор *SMI Eye tracking glasses*. Отслеживание положения глаз обеспечивалось двумя маленькими камерами, которые размещены в дужках очков, в то время как третья камера, расположенная по центру (на переносице), вела запись того, что попадало в поле зрения наблюдателя. Частота регистрации движений глаз была равна 30 Гц.

В качестве стимуляции был использован виртуальный оптокинетический барабан (рис. 1), вращающийся по часовой стрелке и против часовой стрелки с угловыми скоростями, 30, 45 и 60 град/с. Внутренняя поверхность виртуального барабана была окрашена чередующимися черными и белыми полосами шириной в 12 угловых градусов каждая.

Испытуемый помещался в центр виртуальной комнаты *CAVE*. Инструкция состояла в том, чтобы испытуемый стоял неподвижно и не совершал движений головой в течение предъявления стимуляции. При этом у испытуемого имелась возможность свободного осматривания зрительной сцены. Оптокинетический виртуальный барабан совершал вращения вокруг испытуемого

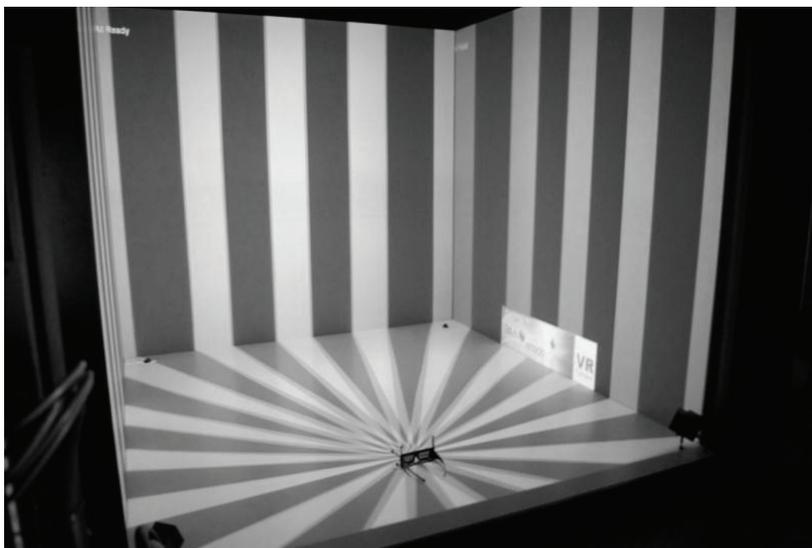


Рис 1. Предъявление виртуальной среды «Оптокинетический барабан» в установке виртуальной реальности CAVE-system

длительностью 2 мин каждое в случайном порядке в разные стороны с различными скоростями. Всего было осуществлено 18 вращений для каждого испытуемого (3 скорости×2 направления×3 повторения). Во время наблюдения вращения стимуляции испытуемый должен был нажимать на кнопку электронной мыши каждый раз, когда он отмечал возникновение векции. После каждого вращения испытуемого просили оценить, не меняя своего положения, интенсивность переживаемой иллюзии векции по 10-балльной шкале, а также дать устный отчет по пунктам опросника «Симуляторные расстройства». Между вращениями виртуального барабана испытуемому предоставлялся 5-минутный промежуток на отдых. Запись движения глаз начиналась до того, как начиналось вращение виртуального барабана. Синхронизация момента начала движения стимула в записи движений глаз производилась после эксперимента во время обработки данных путем сопоставления временной метки от нажатия клавиши запуска эксперимента.

Таким образом, независимыми переменными выступили фактор скорости вращения и фактор направления вращения. Для изучения динамики нистагменных движений глаз был применен

оригинальный метод микроструктурного анализа пространственно-временных глазодвигательных траекторий. Суть метода заключается в том, что были последовательно оценены длительности каждой прослеживаемой фазы ОКН. В качестве независимых переменных были использованы следующие показатели:

1) Оценки интенсивности иллюзии движения собственного тела, измеренные по 10-балльной шкале. Оценки интенсивности были усреднены для каждого испытуемого для каждой скорости и направления вращения.

2) Латенция возникновения иллюзии движения собственного тела в первый раз в течение одного предъявления стимуляции относительно начала вращения стимуляции (ЛП).

3) Коэффициент усиления глазодвигательной системы (КуГДС). В качестве данного параметра было использовано отношение средней скорости медленных фаз ОКН при данной скорости вращения к скорости движения стимуляции в течение промежутков переживания векции (Kowler, 1990). КуГДС были усреднены по каждому испытуемому для всех скоростей вращения и всех направлений. Необходимость использования данного параметра была продиктована требованием к корректному сравнению скоростей медленных фаз ОКН между условиями с различными скоростями вращения стимула, от которых зависит скорость медленных фаз нистагма.

## **Результаты**

С помощью двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями было обнаружено значимое влияние фактора скорости вращения стимула на зависимые переменные ( $F=143,438$ ,  $p<0,001$ ). Значимого влияния фактора направления вращения обнаружено не было ( $F=1,470$ ,  $p=0,267$ ). Взаимодействие факторов также не достигает значимого уровня ( $F=0,160$ ,  $p=0,992$ ). Было обнаружено увеличение интенсивности иллюзии и общего балла опросника «Симуляторные расстройства», а также уменьшения значений ЛП и КуГДС с увеличением роста скорости вращения.

Оценки интенсивности иллюзии движения собственного тела были усреднены по двум направлениям вращения по каждой скорости вращения, так как влияние фактора направления вращения оказалось незначимым. Анализ сравнения оценок интенсивности векции (рис. 2) обнаружил значимые различия между оценками, полученными при скорости вращения 60 град/с по сравнению с другими условиями ( $Z=3,325$ ,  $p=0,001$  и  $Z=3,634$ ,  $p=0,001$  при сравнении с условиями с 30 град/с и 45 град/с соответственно).

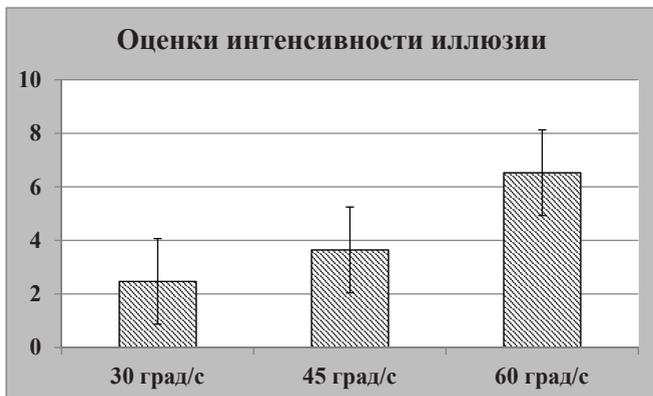


Рис. 2. Средние значения оценок интенсивности иллюзии движения собственного тела при различных скоростях вращения стимуляции

КуГДС (рис. 3) при скорости вращения 60 град/с значительно отличались от КуГДС при других скоростях вращения ( $p < 0,001$ ,  $t = 6,771$  и  $t = 5,112$  при сравнении с 30 и 45 град/с соответственно). Значимых отличий по данному показателю между скоростями 30 и 45 град/с обнаружено не было ( $t = 1,175$ ,  $p = 0,257$ ).

Значения ЛП значительно отличались для различных скоростей вращения между собой ( $p = 0,001$ ,  $t = 4,048$ ,  $p < 0,001$ ,  $t = 14,585$ ,  $p < 0,001$ ,  $t = 11,840$  при сравнении с 30 и 45 град/с, 30 и 60 град/с и 45 и 60

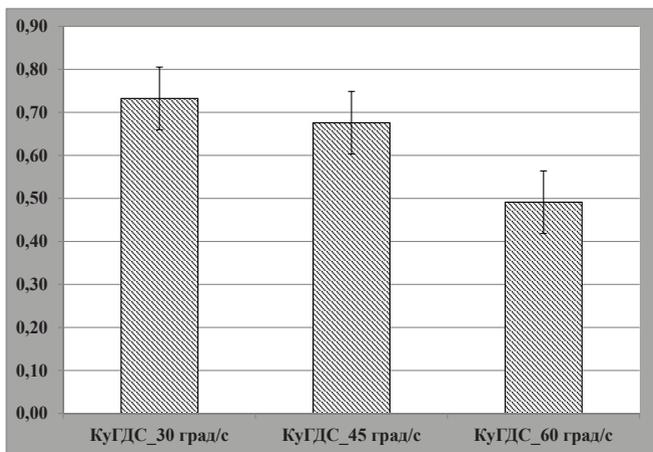


Рис. 3. Средние значения коэффициента усиления глазодвигательной системы (КуГДС)

град/с соответственно). Чем больше была скорость вращения стимуляции, тем меньше было значение ЛП, то есть тем быстрее возникла векция.

Анализ значений «Общего балла», полученного по опроснику «Симуляторные расстройства», позволил обнаружить значимые различия между оценками уровня дискомфорта при скорости вращения стимуляции в 60 град/с и другими скоростями ( $p=0,001$ ,  $t=5,713$ ,  $p<0,001$ ,  $t=6,004$ ,  $p=0,211$ ,  $t=0,415$  при сравнении с 60 и 45 град/с, 60 и 30 град/с и 45 и 30 град/с соответственно).

Таким образом, экспериментальная гипотеза о том, что вращение стимуляции вокруг испытуемого в системе виртуальной реальности *CAVE* с наибольшей угловой скоростью приведет к наибольшей интенсивности иллюзии движения собственного тела, подтвердилась. Анализ профилей траекторий движений глаз обнаружил динамические изменения в длительностях медленной фазы ОКН, соответствовавших по времени возникновению иллюзии, что нашло отражение в параметре КуГДС. Результаты данного эксперимента частично согласуются с результатами эксперимента С. Пальмизано, поскольку выраженное увеличение длительности медленной фазы ОКН было обнаружено для наибольшего значения вращения стимуляции в 60 град/с.

Поскольку ОКН представляет собой механизм стабилизации сетчаточного изображения в условиях наблюдения полос виртуального барабана, то увеличение длительностей медленных фаз ОКН следует рассматривать как нарушение в механизме реализации нистагменной активности. Рассматривая результаты данного эксперимента с данной точки зрения, можно сделать предположение о том, что снижение скорости и увеличение длительности медленных фаз происходило из-за явления угасания ОКН (Левашов, 1984). Данное явление заключается в том, что при действии повторной одинаковой стимуляции (например, чередующихся движущихся полос) интенсивность нистагменной реакции снижается. Причем снижение происходит тем отчетливее, чем больше сила стимула, например его скорость вращения. Конкретные мозговые механизмы угасания ОКН до сих пор не изучены, однако в ряде исследований, проведенных на кошках, было обнаружено, что возникновение феномена угасания ОКН происходит в ретикулярной формации продолговатого мозга и моста (Fernandez, Schmidt, 1962; Kileny et al., 1980). То есть в тех самых структурах, которые имеют как зрительную, так и вестибулярную афферентацию и могут принимать участие в управлении сенсорным конфликтом. Тогда явление угасания ОКН можно рассматривать как нарушение

в реализации компенсаторного глазодвигательного механизма по отношению к редукции сенсорного конфликта. Следовательно, из-за нарушений в реализации ОКН имело место нарушение в работе системы определения положения и ориентации тела в пространстве в целом, что приводило к возникновению иллюзии движения собственного тела.

Косвенным доказательством данного предположения является изменение значений ЛП в меньшую сторону с ростом скорости вращения. Значение скорости вращения оптокинетического барабана в 60 град/с является предельной скоростью успешного выполнения прослеживающих движений глаз (Митькин, 1978). Поэтому наименьшие значения ЛП были получены именно для данной скорости вращения стимуляции. Сходные результаты снижения ЛП с увеличением скорости вращения стимуляции были обнаружены и другими авторами с использованием стимулов различного содержания (Seno et al., 2011). В качестве объяснительного механизма данного эффекта авторы высказывали предположение об увеличении веса зрительного сигнала в возникающем сенсорном конфликте. Увеличение скорости движения стимуляции приводило к большей интенсивности зрительного сигнала, что в свою очередь усиливало его рассогласование по отношению к сигналам других модальностей. Тогда при наибольших значениях вращения стимуляции происходило и увеличение веса зрительного сигнала, и нарушение в реализации компенсаторного ОКН в виде его угадания, что в конечном итоге приводило к росту дискомфортных симптомов и увеличению интенсивности переживаемой иллюзии движения собственного тела.

Важно отметить, что связь между нарушениями в реализации ОКН и ростом интенсивности иллюзии была отмечена и в других исследованиях, проведенных ранее (Menshikova et al., 2014). В экспериментах с участием спортсменов фигуристов, футболистов и ушуистов было показано, что фигуристы демонстрируют сохранную форму реализации ОКН при наблюдении вращающейся стимуляции высокой интенсивности (занимающей все зрительное поле испытуемых) и переживают векцию меньшей интенсивности. В то время как у других участников эксперимента ОКН в этих условиях был нарушен, а глазодвигательная активность представляла собой высокоамплитудные движения и череду морганий. В данных экспериментах значения «Общего балла» опросника превышали средние значения, полученные испытуемыми в настоящем исследовании. Это говорит о том, что разработанная виртуальная среда «Оптокинетический барабан» позволила индуцировать сенсорный

конфликт средней степени интенсивности. Что в свою очередь позволило обнаружить динамические изменения в реализации ОКН при сохранении общей формы данных прослеживающих движений глаз.

Таким образом, экспериментальная гипотеза о том, что выраженность иллюзии движения собственного тела зависит от скорости вращения наблюдаемой стимуляции, подтвердилась: чем больше скорость вращения стимуляции, тем выше интенсивность переживаемой иллюзии. Также была обнаружена связь между динамикой реализации ОКН и интенсивностью возникающей иллюзии. При возникновении нарушений в реализации ОКН путем увеличения длительности медленных фаз наступала векция с высокой степенью выраженности. Можно заключить, что ОКН представляет собой один из компонентов системы определения положения и ориентации тела в пространстве, а его нарушение приводит к ухудшению работы системы в целом и возникновению иллюзии движения собственного тела. Исходя из этого параметры ОКН, в частности длительности медленных фаз, можно рассматривать в качестве достоверного индикатора возникновения иллюзии, а также их можно использовать для изучения внутренней динамики ее протекания. Также в данном исследовании было показано, что система виртуальной реальности CAVE является адекватной экспериментальной установкой для создания стимуляции, индуцирующей возникновения иллюзии различной степени интенсивности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Кисляков В.А., Неверов В.П.* Реакция глазодвигательной системы на движение объектов в поле зрения. Оптикокинетический нистагм. М.: Наука, 1966.

*Ковалев А.И., Меньшикова Г.Я.* Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования // Национальный психологический журнал. 2015. № 4. С. 91—104.

*Левашов М.М.* Нистагмометрия в оценке состояния вестибулярной функции // Проблемы космической биологии. Т. 50. Л.: Наука, 1984.

*Меньшикова Г.Я., Ковалев А.И., Лунякова Е.Г.* Влияние расовой принадлежности лица на выраженность эффекта взгляда-подсказки: метод айтрекинга // Национальный психологический журнал. 2017. № 2. С. 46—58.

*Митькин А.А., Козлова Е.В., Сергиенко Е.А., Ямицков А.И.* Некоторые вопросы раннего онтогенеза зрительных сенсомоторных функций // Движение глаз и зрительное восприятие. М.: Наука, 1978. С. 5—72.

*Романов В.Я.* Исследование свойств зрительного перцептивного процесса методом ФОКН // Исследования зрительной деятельности человека / Под ред. Ю.Б. Гипперейтер. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. С. 42—69.

*Fernandez C., Schmidt R.M.* Studies on habituation of vestibular reflexes. Effect of caloric stimulation in decorticated cats // *Annals of Otolaryngology & Laryngology*. 1962. Vol. 71. N 2. P. 299—320.

*Fischer M., Kornmüller A.* Optokinetisch ausgelöste Bewegungswahrnehmungen und optokinetischer Nystagmus // *Journal für Psychologie und Neurologie*. 1930. Vol. 41. P. 273—308.

*Goodale M.A., Milner A.D., Jakobson L.S., Carey D.P.* A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them // *Nature*. 1991. Vol. 349. P. 154—156.

*Kennedy R., Lane N., Kevin S. et al.* Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness // *The International Journal of Aviation Psychology*. 1993. Vol. 4. P. 203—220.

*Kileny P., Ryu J.H., McCabe B.F., Abbas P.J.* Neuronal habituation in the vestibular nuclei of the cat // *Acta oto-laryngologica*. 1980. Vol. 90. N 3—4. P. 175—183.

*Kleinschmidt A., Thilo K., Buchel C. et al.* Neural correlates of visual-motion perception as object- or Self-motion // *NeuroImage*. 2002. Vol. 16. P. 873—882.

*Kowler E.* The role of visual and cognitive processes in the control of eye movement // *Eye movements and their role in visual and cognitive processes* / Ed. by E. Kowler. Amsterdam: Elsevier, 1990. P. 1—69.

*Menshikova G., Kovalev A., Klimova O. et al.* Testing the vestibular function development in junior figure skaters using the eye tracking technique // *Procedia — Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 146. P. 252—258.

*Menshikova G., Kovalev A., Klimova O., Chernorizov A.* Eye movements as indicator of vestibular dysfunction // *Perception*. 2015. Vol. 44. Is. 8—9. P. 1103—1110.

*Palmisano S., Allison R., Schira M., Barry R.* Future challenges for vection research: definitions, functional significance, measures and neural bases // *Frontiers Psychology*. 2015. Vol. 6. Is. 193. P. 1—15.

*Previc F.H., Liotti M., Blakemore C. et al.* Functional imaging of brain areas involved in the processing of coherent and incoherent wide field-of-view visual motion // *Experimental Brain Research*. 2003. Vol. 131. P. 393—405.

*Reason J.* Motion sickness adaptation: a neural mis-match model // *Journal of the Royal Society of Medicine*. 1978. Vol. 71(11). P. 819—829.

*Seno T., Palmisano S., Hiroyuki I.* Independent modulation of motion and vection aftereffects revealed by using coherent oscillation and random jitter in optic flow // *Vision Research*. 2011. Vol. 51. Is. 23—24. P. 2499—2508.

*Van der Stee F.* Self-motion perception: Ph.D. thesis. Delft University of Technology, 1998.

*Wertheim A.H.* Motion perception during self-motion — the direct versus inferential controversy revisited // *Behavioral and Brain Sciences*. 1994. Vol. 17. N 2. P. 293—311.

Поступила в редакцию 18.10.18

Принята к публикации 25.10.18

## THE ROLE OF OPTOKINETIC NYSTAGMUS IN VECTION ILLUSION PERCEPTION

*Galina Ya. Menshikova, Artem I. Kovalev*

*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology, Moscow, Russia*

### Abstract

**Relevance.** It is one of very important tasks of modern neuroscience to investigate the psychological and psychophysiological mechanisms of body orientation processes. Particularly due to the growth in use of visualization and simulation technologies (virtual reality, projection displays, aircraft simulators). The application of such systems is often associated with mismatch between different sensory signals. One of the phenomena resulting from this mismatch is the self-motion illusion — the perception of own movement by a motionless person observing a moving visual stimulus occupying a large part of field of view.

**Objective.** Investigation the role of optokinetic nystagmus in self-motion illusion. The virtual optokinetic drum rotating at 30, 45 and 60 deg/s was used as a stimulus. The drum was presented using CAVE virtual reality system. 17 healthy participants took part in the experiment. The slow phases of nystagmus during self-motion illusion perception were analyzed.

**Results.** The more the drum rotation speed, the more the illusion intensity and slow phases duration. Also the disturbances in slow phase realization led to increase the illusion intensity. The restoration of nystagmus reduced the illusion. Thus it was found that optokinetic nystagmus is a component of a human space orientation system and the nystagmus also adjusts the illusion perception. The effectiveness of application of CAVE virtual reality system in complicated cognitive processes investigation was proved.

**Key words:** visual perception, vection, virtual reality, eye movements, optokinetic nystagmus.

### References

- Fernandez, C., Schmidt, R.M. (1962). Studies on habituation of vestibular reflexes. Effect of caloric stimulation in decorticated cats. *Annals of Otolaryngology & Rhinology*, 71, 2, 299—320.
- Fischer, M., Kornmüller, A. (1930). Optokinetisch ausgelöste Bewegungswahrnehmungen und optokinetischer Nystagmus. *Journal für Psychologie und Neurologie*, 41, 273—308.
- Goodale, M.A., Milner, A.D., Jakobson, L.S., Carey, D.P. (1991). A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature*, 349, 154—156.
- Kennedy, R., Lane, N., Kevin, S. et al. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 4, 203—220.
- Kileny, P., Ryu, J.H., McCabe, B.F., Abbas, P.J. (1980). Neuronal habituation in the vestibular nuclei of the cat. *Acta oto-laryngologica*, 90(3—4), 175—183.

Kislyakov, V.A., Neverov, V.P. (1966). *Reakciya glazodvigatel'noj sistemy na dvizhenie ob'ektov v pole zreniya. Optokineticheskiy nistagm* [The reaction of the oculomotor system to the movement of objects in sight. Optokinetic nystagmus]. Moscow: Nauka.

Kleinschmidt, A., Thilo, K., Buchel, C. et al. (2002). Neural correlates of visual-motion perception as object- or Self-motion. *NeuroImage*, 16, 873—882.

Kovalev, A.I., Men'shikova, G.Ya. (2015). Vekciya v virtual'nyh sredah: psihologicheskie i psihofiziologicheskie mekhanizmy formirovaniya. *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal* [National Psychological Journal], 4, 91—104.

Kowler, E. (1990). The role of visual and cognitive processes in the control of eye movement. In E. Kowler (ed.) *Eye movements and their role in visual and cognitive processes* (pp. 1—69). Amsterdam: Elsevier.

Levashov, M.M. (1984). Nistagmometriya v ocenke sostoyaniya vestibulyarnoj funkcii. In: *Problemy kosmicheskoy biologii*, Vol. 50. Leningrad: Nauka.

Menshikova, G., Kovalev, A., Klimova, O. et al. (2014). Testing the vestibular function development in junior figure skaters using the eye tracking technique. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, 146, 252—258.

Menshikova, G.Ya., Kovalev, A.I., Lunyakova, E.G. (2017). Vliyaniye rasovoj prinadlezhnosti lica na vyrazhennost' efekta vzglyada-podskazki: metod ajtrekinga. *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal* [National Psychological Journal], 2, 46—58.

Menshikova, G., Kovalev, A., Klimova, O., Chernorizov, A. (2015). Eye movements as indicator of vestibular dysfunction. *Perception*, 44(8—9), 1103—1110.

Mit'kin, A.A., Kozlova, E.V., Sergienko, E.A., Yamshchikov, A.I. (1978). Nekotorye voprosy rannego ontogeneza zritel'nyh sensomotornyh funkcij. In: *Dvizhenie glaz i zritel'noe vospriyatie* [Eye movement and visual perception] (pp. 5—72). Moscow: Nauka.

Palmisano, S., Allison, R., Schira, M., Barry, R. (2015). Future challenges for vection research: definitions, functional significance, measures and neural bases. *Frontiers Psychology*, 6, 193, 1—15.

Previc, F.H., Liotti, M., Blakemore, C. et al. (2003). Functional imaging of brain areas involved in the processing of coherent and incoherent wide field-of-view visual motion. *Experimental Brain Research*, 131, 393—405

Reason, J. (1978). Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 71(11), 819—829.

Romanov, V.Ya. (1973). Issledovanie svojstv zritel'nogo perceptivnogo processa metodom FOKN. In Yu.B. Gipperejter (ed.) *Issledovaniya zritel'noj deyatel'nosti cheloveka* [Studies of human visual activity] (pp. 42—69). M.: Izd-vo Mosk. un-ta.

Seno, T., Palmisano, S., Hiroyuki, I. (2011). Independent modulation of motion and vection aftereffects revealed by using coherent oscillation and random jitter in optic flow. *Vision Research*, 51(23—24), 2499—2508.

Van der Stee, F. (1998). *Self-motion perception: Ph.D. thesis*. Delft University of Technology.

Wertheim, A.H. (1994). Motion perception during self-motion - the direct versus inferential controversy revisited. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 2, 293—311.