

## МЕТОДИКИ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 159.9

ГРНТИ 15.81.29

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОГНИТИВНО-МОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ИНВЕРСИИ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ

© 2023 г. И.Б. Сиваченко \*, Д.С. Медведев \*\*

\* *Кандидат психологических наук, научный сотрудник лаборатории кортико-висцеральной физиологии  
Института физиологии им. И. П. Павлова РАН; г. Санкт-Петербург, Россия.  
e-mail: avans\_d@mail.ru*

\*\* *Доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом физиологической оценки и медицинской  
коррекции ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека»  
ФМБА России; г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: rsc-ide@yandex.ru*

Разработана методика оценки когнитивно-моторных функций человека, основанная на феномене инверсии поля зрения, применении специальных оптических приборов - инвертоскопов, позволяющих формировать перевернутое относительно горизонтали изображение (патент на способ №2787454). Методика заключается в выполнении испытуемым задания реагирования на предъявляемые пространственно-разнесённые световые стимулы, сначала в условиях нормально-ориентированного зрительного поля, затем — инвертированного поля. Разработанная методика позволяет оценить когнитивно-моторные функции по следующим показателям: среднее значение времени реакции на стимул  $X_{ср}$ , расчётный коэффициент кривизны тренда реакций  $k$ , время первых реакций  $X_1$ . Указанные характеристики могут служить индикаторами вовлечения компенсаторных механизмов человека в условиях дезориентации. Оценить степень активизации когнитивных процессов в условиях дезориентации позволяет расчётный коэффициент кривизны тренда реакций на предъявляемый стимул. С целью апробации методики и оценки её диагностических качеств на базе ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России проведено исследование, в котором приняли участие 31 человек. Методика может быть использована в области профотбора для оценки адаптационных возможностей в условиях зрительной дезориентации. Так же, в области спорта (фристайл, баскетбол,

парашютный спорт, дайвинг и т.д.), спортивной медицины, военных служб и др. В сфере сопровождения экстремальных видов деятельности, для своевременного выявления нарушений когнитивно-моторных функций, для коррекции и восстановления дефицитарных нейрональных процессов когнитивно-моторных функций. Проведение тестирования занимает 15-20 минут, обработка — 20-30 минут, что позволяет использовать данную методику в составе программы выездного обследования.

*Ключевые слова:* инверсия поля зрения, дезориентация, когнитивные функции, моторные функции, психофизиология, векция.

## ВВЕДЕНИЕ

На состояние организма в целом и когнитивно-моторные функции в частности, сильное влияние оказывает инверсия зрительного поля, которая относится к разновидностям сенсорного конфликта. Под сенсорным конфликтом понимается рассогласование ожидаемой информации и получаемой от органов зрения, вестибулярного аппарата и других рецепторов. (Шарина, 2016)

В данном процессе задействованы ощущения, восприятие, внимание, а так же память и мышление. В модели функциональной системы П.К. Анохина, лежащей в основе любого действия, любое движение, сформированное эффекторными сигналами к мышечным волокнам, контролируется и модерируется механизмами обработки афферентной информации — афферентным синтезом. В контроль движений вовлечены центры анализа и принятия решений. Решение, которое должен принять человек формируется на основе поступающей информации, служащей стимулом для воспроизведения программы действия, подходящего в данных условиях (Судаков, 2011). При инверсии зрительного поля происходит нарушение согласования ожидаемого и реального результата действия. Схему функциональной системы можно представить следующим образом (Судаков, 2011): операциональная подсистема, которая ставит цель, анализирует условия, выбирает программу действия из имеющихся или же формирует новую путем мыслительной деятельности, подсистема энергопластического обеспечения и адаптационно-гомеостатического контроля, подсистема интегральной регуляции — согласованная работа неосознаваемого уровня (физиология, психофизиология) и

осознанного (полевая регуляция), подсистема спонтанной психической активности. Цепочка аффлектор-эфферент повторяется до тех пор, пока результат действия не совпадет с ожиданиями. Однако, для ускорения выполнения деятельности, находясь в условиях дефицита времени и инверсии зрительного поля, человек вынужден подключать механизмы памяти и мышления (Ковалёв, 2017). Координационная структура движений человека не ограничивается только механической частью и физиологией координации на уровне спинного мозга. Движение целенаправленны и осмысленны, могут быть отсрочены во времени, что предъявляет требования к рабочей памяти, где хранится внутренняя репрезентация движения. Таким образом, координация это не только техника движения, но и планирование его, прогнозирование результата и принятие решения. (Курганский, 2013). Поэтому, для обеспечения моторной деятельности в большей степени активизируются основные когнитивные психические процессы. В исследованиях Логвиненко А.Д. и Жедуновой Л.Г. (Логвиненко, 1980, 1981) испытуемый в первое время ношения инвертоскопа имел затруднения при выполнении действий, опираясь на зрительную информацию, приходилось прилагать особые усилия для удерживания внимания, переоценки расстояний, поэтому испытуемый предпочитал действовать по памяти.

В условиях инверсии зрительного поля происходит рассогласование сигналов зрительной и вестибулярной систем (Ковалев, 2015). Вестибуляторная система передает мозгу информацию о положении головы в пространстве, о силах, вызывающих ускорения линейно или под углом. В периферическом отделе вестибулярной системы находятся рецепторы, отвечающие за положение головы и тела в осях координат в пространстве (каналы), рецепторы, реагирующие на ускорение и гравитацию (мешочки). Вестибулярный нерв от этих рецепторов соединяется с улитковым и образует преддверно-улитковый нерв, который через ствол головного мозга передает информацию в вестибулярные ядра. Положение тела, программы движения, а так же движения глаз корректируются благодаря обмену информации между мозжечком и вестибулярными

ядрами. Работа вестибулярной системы тесно связана с работой зрительной системы. В условиях инверсии от зрительной системы поступают сигналы о перевернутом положении головы и тела, тогда как вестибулярная система передает информацию о прямом положении, а именно отсутствии возбуждения рецепторов периферической части (Кравченко, 2019). Таким образом, положение тела в пространстве является выходным данным системы зрительно-вестибулярных взаимодействий, а сенсорная информация от анализаторов — входными данными. Согласно модели Ф.Вандер-Штена зрительная система имеет первостепенное значение, и коррекция вестибулярного сигнала происходит за счет информации от зрительной системы. В работах Т.Мергнера и Р.Тельбана (Ковалев, 2017) сенсорный конфликт объясняется следующим согласованием зрительной и вестибулярной информации: вестибулярный ответ формируется от сигнала вестибулярной системы, полученного за счет зрительной системы, и его реального значения.

Дискомфортные нарушения могут быть объяснены кардио-васкулярным рефлексом (Ковалев, 2015) Зрительная система подает сигналы о перемещении тела, тогда как рецепторы вестибулярной системы не получают возбуждения. Возникает иллюзия движения собственного тела, давление в сосудах изменяется, вследствие чего возникает головокружение и рвота.

Вследствие этого инверсия зрительного поля может приводить к вестибуляторному расстройству, которое сопровождается нарушением концентрации внимания, напряжением глаз, чувством тошноты и головокружения. Такие ощущения сопровождают укачивание, так называемую «морскую болезнь», при перегрузках у летчиков и космонавтов, в спорте, например, для таких видов спорта как фигурное катание, лыжный фристайл, для балета. В современном мире такие расстройства стали так же отмечать при использовании симуляторов полета, симуляторов гонок, при использовании очков виртуальной реальности, в сфере развлечения (3D-кинотеатры). Вестибулярные расстройства, возникающие в подобных условиях, называют

киберзаболеваниями, виртуальным укачиванием или «симуляторными расстройствами». Так как инвертоскоп создает иллюзию перевернутого мира, то мы можем отнести ощущение инвертированного зрительного поля к фактору, провоцирующему развитие симуляторного расстройства. (Меньшикова, 2018; Смыслова, 2019).

Наиболее полную оценку ощущений при сенсорном конфликте получило изучение векции. Векция представляет собой иллюзию движения собственного тела при наблюдении за движущейся средой при неподвижности самого наблюдателя. (Смыслова, 2019). Для исследования мозговых механизмов векции использовали функциональную МРТ, позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ), магнитоэнцефалографию. Проведенные исследования показывали противоречивые результаты. Brandt Т. в своих работах (Brandt, 1998) получил избирательную активацию зрительной коры и дезактивацию вестибулярной париенто-инсулярной коры, так же активировалась область узелка мозжечка. В исследовании при использовании МЭГ (Nakagawa, 2002) была выявлена активация пост-центральной извилины и нижне-задней височной доли, которые отвечают за движение тела в пространстве. Исследование Б. Кешаварца и С. Берти (Keshavarz, 2014) позволило сделать вывод о важной роли периферической части поля зрения в возникновении векции.

Важную роль в развитии векции играет оптокинетический нистагм, который представляет собой механизм стабилизации сетчаточного изображения, глазодвигательная реакция состоит в плавном движении в след за стимулом и возвращательной саккады. В ходе иллюзии векции увеличивалась длительность медленной фазы оптокинетического нистагма, что можно рассматривать как нарушение нистагменной активности. В следствие нарушения реализации оптокинетического нистагма происходит нарушение в определении положения и ориентации тела в пространстве. (Меньшикова, 2018).

В исследовании адаптации к инвертированному зрительному полю (Логвиненко, 1981) в первые часы испытуемые в следствии сужения поля зрения инвертоскопом

совершали больше движений головой, таким образом зрительная картина находилась в постоянном движении, что вызывало зрительный дискомфорт, появлялись симптомы морской болезни, уменьшилась константность видимой формы, образы казались потускневшими, иллюзорными. Испытуемому казалось, что он наблюдает зрительный хаос, картины появлялись неожиданно и неожиданно исчезали. Ориентировку в пространстве нарушали попытки действовать по памяти. Все действия, требовавшие зрительной информации, были расстроены. Следующий сеанс ношения инвертоскопа привел к снижению эмоционального фона, чувству отчуждения, ощущения управления своим телом, как управление роботом со стороны, еще сильнее сужалось поле зрения. С каждым новым сеансом ношения очков улучшалось качество зрительно-моторных проб, повышалась константность форм, исчезал зрительный дискомфорт. Авторами был сделан вывод, что вместо существующего мнения, что для адаптации необходимо сначала разрушить старые нейронные связи, а затем образовать новые, что новые связи образуются на ряду с новыми, поскольку не было обнаружено послеэффектов инвертированного зрения, при снятии инвертоскопа адаптация к обычному полю зрения происходила быстро. Самая успешная адаптация к инвертированному зрению состояла в построении виртуальной точки наблюдения. Такая позиция ведет к перцептивной адаптации, а далее следует моторная адаптация к этой новой точке зрения.

На данный момент феномен инверсии зрения достаточно хорошо изучен, также имеются некоторые данные о прикладном применении данного явления. При этом существует насущная потребность в разработке новых методов в этой области, которые были бы направлены на применение эффектов явления инверсии зрения к профессиональной, творческой деятельности человека, в том числе, профессиональной деятельности, которая характеризуется сложной структурой движений и когнитивных процессов для тренировки, развития и улучшения когнитивно-моторных функций человека.

Существует потребность в разработке методов, которые позволяют произвести оценку состояния нейропластичности, и в последствии при необходимости корректировку некоторых функций отдельного индивида. Такие методы будут крайне полезны и востребованы в области спортивной деятельности человека, в том числе, в области экстремальных видов спорта, а также в профессиональной деятельности, в том числе специалистов экстремального профиля.

Нашей целью и задачей являлась разработка нового способа оценки когнитивно-моторных функций человека и нейропластичности в целом, обеспечение возможности практического применения феномена инвертированного зрения, а также разработка критериев, позволяющих применить данный способ для оценки указанных функций в спортивной и профессиональной деятельности человека.

## СПОСОБ И ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ

Участнику предлагается выполнение задания реагирования на предъявляемые пространственно разнесённые световые стимулы, сначала в условиях нормально-ориентированного зрительного поля, затем — инвертированного поля.

Способ предполагает формирование пространственного поля размером преимущественно 100\*120\*30 см, в зоне которого расположены световые индикаторы, которые, в свою очередь располагаются на стойках, или стенде. Для обеспечения эффективной работы способа необходимо по меньшей мере 4 световых индикатора. Посредством указанных световых индикаторов, происходит инициация световых стимулов. Световой стимул предполагает последовательное включение световых индикаторов (50-ти раз) с промежутком времени в 2 секунды. Указанные световые индикаторы могут быть деактивированы поднесением к индикатору руки тренируемого - в случае с использованием индикатора-сенсора, либо касанием / нажатием.

Участник располагается сидя (или стоя) перед пространственным полем индикаторов (рис. 1). Рука испытуемого, которой предполагается выполнение задания, располагается на подставке на уровне живота или солнечного сплетения. Для измерения и



оценки дополнительных параметров на ведущую руку тренируемого перед выполнением тестовых заданий закрепляются биокинетические датчики. Датчики фиксируются на запястье, предплечье, в области солнечного сплетения. Участнику предлагают выполнить определенное задание первоначально без использования инвертоскопа — то есть в условиях нормально-ориентированного зрительного поля. Задание заключается в следующем. При возникновении светового сигнала на световом индикаторе, участник должен максимально быстро деактивировать (выключать) появляющиеся световые сигналы (индикаторы) за счёт движения только одной руки. То есть при появлении светового сигнала участник ведёт руку в его направлении, деактивирует и возвращает руку в исходное положение. Затем предлагают выполнить точно такое же задание, но с использованием очков с линзами для инверсии зрительного поля. Участник надевает инвертоскоп, положение тела, положение рук аналогично описываемому при выполнении задания без использования инвертоскопа. Далее, при возникновении светового сигнала на световом индикаторе, необходимо максимально быстро деактивировать (выключать) появляющиеся световые сигналы (индикаторы) за счёт движения только одной руки. Таким образом, выполнение задания проходит уже в условиях инвертированного поля.

Как в первой части задания, так и во второй имеется возможность регистрации времени реакции на каждый световой стимул. Регистрация временного интервала движения руки от начального положения к предъявляемому световому сигналу и возвратное движение происходит посредством аппаратно-программного комплекса. Проведение тестирования (тренировки) продолжается около 15 минут (включая подготовительный этап, объяснение задания), обработка данных - 20-30 минут.





*Рис.1.* Изображение расположения датчиков и выполнения задания в условиях инверсии зрительного поля

Разработанный способ позволяет оценить степень нейропластичности тренируемого по следующим показателям:

- среднее значение времени реакции на стимул,  $X_{cp}$ ,
- расчётный коэффициент кривизны тренда реакций,  $k$ ,
- время первых реакций,  $X_1$ .

Оценить степень активизации когнитивных процессов в условиях дезориентации позволяет расчётный коэффициент кривизны тренда реакций на предъявляемый стимул.

Для этого на графике динамики времени реакции (рис. 2) на предъявляемый стимул, формируемого аппаратно-программным комплексом автоматически или в любой программной среде (например, Microsoft Excel) отображается линия тренда и определяются основные её характеристики: вид трендовой линии, горизонт прогноза, уравнение тренда и коэффициент достоверности аппроксимации ( $R^2$ ).

Коэффициент аппроксимации показывает степень соответствия динамики показателя и предложенной кривой роста. Степень кривизны линии тренда определяется коэффициентом  $k$ , стоящим перед логарифмом в расчётном уравнении. Знак перед

значением  $k$  обозначает увеличение или снижение времени реакций по мере выполнения теста. Чем больше значение  $k$ , тем более пологая линия тренда.

Указанные характеристики нейропластичности могут служить индикаторами вовлечения компенсаторных механизмов человека в условиях дезориентации.

Непрерывная регистрация в процессе выполнения заданий движений посредством биокинетических датчиков позволит разделить на составляющие целостный акт когнитивно-моторного действия и определить мишени (дефицитарные нейрональные процессы) для последующей коррекции соответствующими специалистами (врач-невролог, физиотерапевт и т.д.). Как уже указывалась выше, аппаратно-программный комплекс регистрирует временной интервал движения руки от начального положения к предъявляемому световому сигналу и возвратное движение. Разница между интервалами времени предъявления стимула и движения руки характеризует когнитивную активность в условиях нормально-ориентированного и инвертированного зрительного поля.



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для апробации методики и оценки её диагностических качеств на базе ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России было проведено исследование.

В исследовании приняло участие 31 человек. В качестве световых стимулов использовались световые датчики-индикаторы аппаратно-программного комплекса (далее АПК) «Fitlight Trainer». Инверсия поля зрения осуществлялась комплектом очков «invertos 3X». Дополнительно использовалось оборудование комплекса для оценки биомеханики движений «Траст-М» Биомеханика.

На рис. 3 и рис. 4 представлены достоверные ( $p \leq 0,05$ , парный тест Вилкоксона) различия значений временных показателей выполнения задания в условиях нормального и инвертированного поля зрения. Время выполнения задания по данным системы АПК «Fitlight Trainer» в условиях инверсии зрительного поля увеличилось на 25,5%. Среднее время реакции на предъявляемый стимул увеличилось на 88,4%.

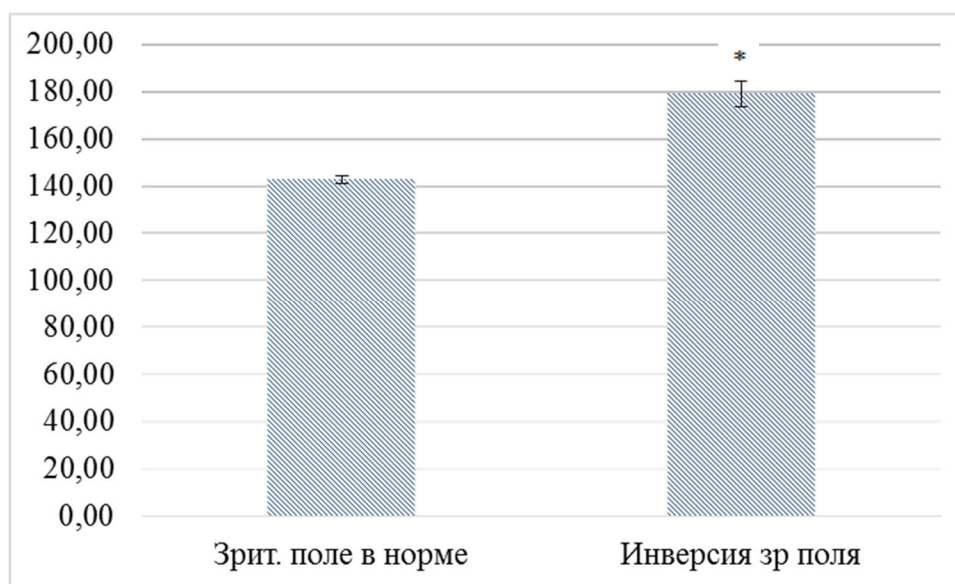


Рис. 3. Время выполнения теста в системе АПК «Fitlight Trainer», сек.

\* - изменения достоверны ( $p \leq 0,05$ , парный тест Вилкоксона)

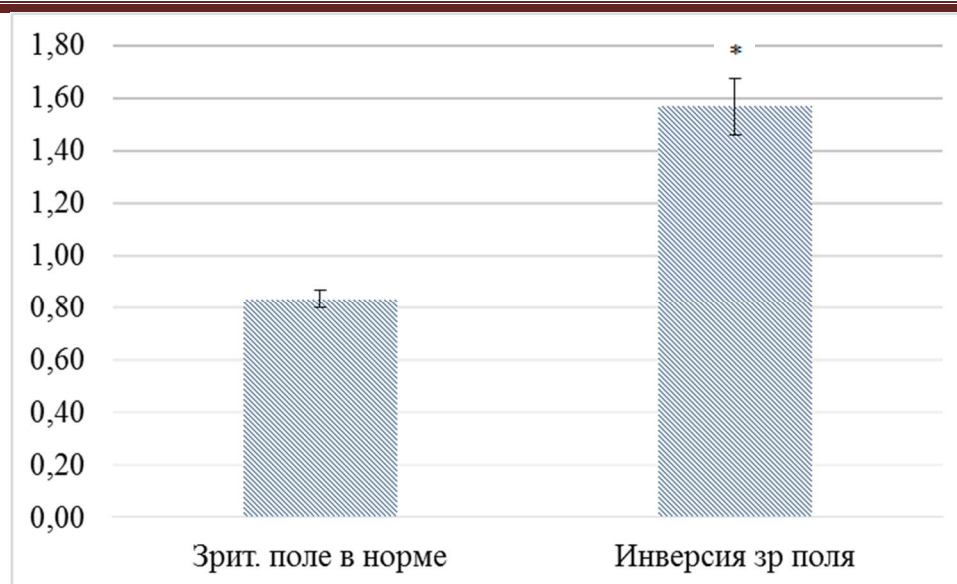


Рис. 4. Среднее время реакции на предъявляемый стимул (АПК «Fitlight Trainer»), сек. \* - изменения достоверны ( $p \leq 0,05$ , парный тест Вилкоксона)

Для дифференциальной оценки временных показателей выполнения задания в зависимости от пола, вся выборка была поделена на 2 группы: мужчины ( $n=19$ ) и женщины ( $n=12$ ). По результатам исследований различий между группами как в условиях нормально ориентированного, так и инвертированного поля зрения не выявлено. При этом в обеих группах инверсия зрения существенно ( $p \leq 0,05$ , парный тест Вилкоксона) увеличивает временные характеристики реакций на предъявляемый стимул.

Среди участников тестирования 8 мужчин занимаются единоборствами на любительском и профессиональном уровне. Для оценки влияния (исключения) фактора рода занятий проведено сравнение временных показателей выполнения тестового задания групп спортсменов ( $n=8$ ) и мужчин - студентов ( $n=11$ ), предполагая, что последние не занимаются спортом. По всем показателям между группами мужчин - спортсменов и студентов, как в условиях нормально ориентированного, так и инвертированного поля зрения не выявлено различий. При этом в обеих группах инверсия зрения существенно ( $p \leq 0,05$ , парный тест Вилкоксона) увеличивает временные характеристики реакций на предъявляемый стимул.

Динамика времени реакций на предъявляемый стимул согласно данным систем АПК «Fitlight Trainer» в условиях нормально ориентированного и инвертированного поля зрения

представлена выше на рисунке 2.

Линия тренда значений времени реакций в условиях инвертированного зрительного поля по данным системы АПК «Fitlight Trainer» соответствует экспоненциальному уравнению. Коэффициент аппроксимации  $R_2$  достаточно высок и составляет 0,85.

Чем больше значение  $k$ , тем более пологая линия тренда. Коэффициент  $k$  тренда времени реакции на предъявляемый стимул в условиях инверсии поля зрения равен 0,31.

Выявленная закономерность изменения времени реакций на предъявляемый стимул при инверсии поля зрения может характеризовать условно-адаптационный процесс, в основе которого предполагается активизации когнитивных процессов.

В табл., а также на рис. 5 отображены средние значения времени реакции на предъявляемый стимул при использовании экспериментального однократного коррекционного воздействия, по данным системы АПК «Fitlight Trainer».

Первые два столбика на графике отражают средние значения времени реакции в условиях нормально ориентированного поля зрения и инверсированного поля. Далее, расположены столбцы средних реакций, так же в условиях инвертированного пространства, но после воздействия. Обе группы показали достоверное снижение показателя. Снижение среднего времени реакции в группе плацебо обусловлено отдыхом в течение процедуры псевдовоздействия, а также привыкания к эффекту инверсии. Однако, лица которые прошли коррекционное воздействие, показали более убедительные эффекты. Отмечены достоверные ( $p \leq 0,05$ , непарный тест Манна-Уитни) отличия - на 29,5% относительно значений до стимуляции, и на 21% относительно плацебо группы.

Таблица

**Среднее время реакции на предъявляемый стимул, сек**

Зрительное поле в норме	Инверсия зрительного поля (до коррекционного воздействия)	После стимуляции	
		Коррекционное воздействие	Плацебо
0,83±0,01	1,57±0,06	1,10±0,02	1,40±0,03
Δ после коррекции, %		29,5*	10,7*
относительно гр. плацебо, %		21,0*	

Примечание \* –  $p \leq 0,05$ , непарный тест Манна-Уитни

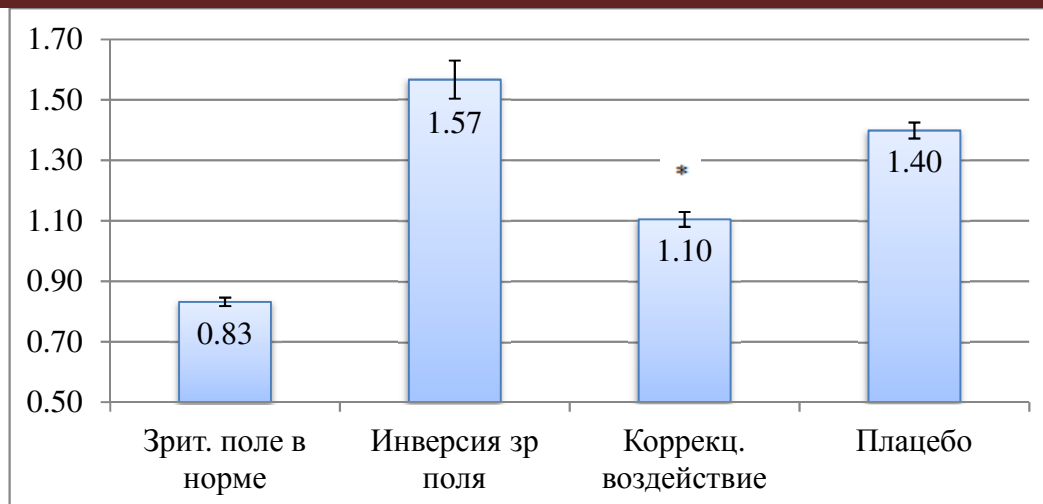


Рис. 5. Среднее время реакции на предъявляемый стимул, сек. \* - отличия достоверны по сравнению с группой плацебо ( $p \leq 0,05$ , непарный тест Манна-Уитни)

На рис. 6 представлена динамика времени реакции на предъявляемый стимул. Отмеченная линия тренда позволяет оценить изменение характеристик нейропластичности после проведенного коррекционного воздействия. В группе лиц, получавших коррекционное воздействие, выявлен паттерн, описываемый глубоким вовлечением компенсаторных механизмов (наименьшая высота линии тренда на графике), но медленным процессом условной адаптации ( $k = -0,102$ ,  $X_1 = 1,39$ ).

Использование в методике биокинематических датчиков позволило выделить в общем целостном когнитивно-моторном действии отдельно когнитивную и моторную составляющие. При этом, в условиях инверсии зрительного поля отмечено снижение времени чистого когнитивного процесса (восприятия сигнала, формирование программы моторного движения) вплоть до 1%, и увеличение моторной составляющей. В условиях инверсии моторная составляющая целостного акта становится условно моторной, поскольку человек вынужден в процессе движения руки к стимулу постоянно отслеживать траекторию, максимально быстро оценивать и корректировать её. Для этого задействуются более сложноорганизованные нейрональные механизмы, всецело вовлекаются психические процессы восприятия и мышления. Специфическая аналитическая синхронизация данных с датчиков биокинетических движений и световых датчиков АПК Fitlight позволяет



выделить когнитивную составляющую в условно-моторном движении.

Разделение на составляющие целостного акта когнитивно-моторного движения позволяет оценить ключевые мишени применяемого воздействия, а так же дефицитарные нейрональные механизмы.

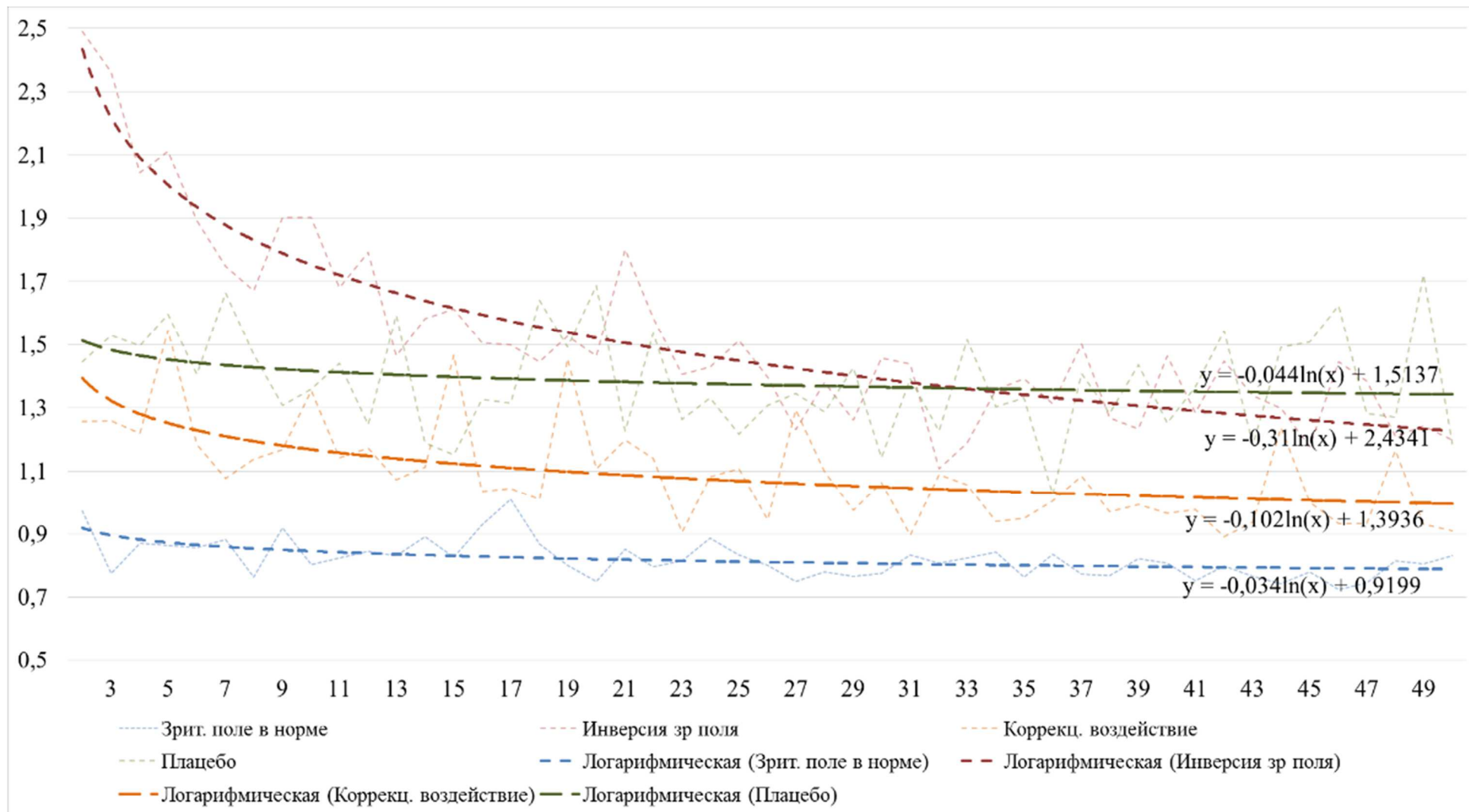


Рис 6. Динамика времени реакции на предъявляемый стимул (АПК «Fitlight Trainer») при использовании различных схем стимуляции, сек.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена апробация методики моделирования сложно-совмещённой деятельности в условиях инверсии зрительного поля с регистрацией биомеханических движений в режиме реального времени. Проведение тестирования занимает 15-20 минут, обработка – 20-30 минут, что позволяет использовать данную методику в составе программы выездного обследования. Разработанная методика позволяет оценить степень активизации когнитивных процессов в условиях инверсии зрительного поля. Оценочные показатели: среднее значение времени реакции на стимул  $X_{cp}$ , расчётный коэффициент кривизны тренда реакций  $k$ , время первых реакций  $X_1$ .

Посредством синхронизации данных с датчиков биокинетических движений и световых датчиков АПК Fitlight появляется возможность разделить на составляющие целостный акт когнитивно-моторного действия и определить мишени (дефицитарные нейрональные процессы) для последующего коррекционного воздействия.

Методика может быть использована в области спортивного сопровождения, профотборе, предсменного контроля.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ковалев А.И., Меньшикова Г.Я.* Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования // Национальный психологический журнал. 2015. Т. 20. № 4 С. 91-104. DOI: 10.11621/nrj.2015.0409
- Ковалёв А.И.* Психофизиологические механизмы иллюзии движения собственного тела. Диссертация на соискание кандидата психологических наук 19.00.02. М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. 2017. 229 с.
- Кравченко Е.А., Богатов Н.М.* Изменения состояния вегетативной нервной системы в ходе разрешения конфликта между зрительной и вестибулярной системами // Современные проблемы физики, биофизики и инфокоммуникационных технологий. 2019. №8. С.35-45.
- Курганский А.В.* Формирование и регуляция тонко-координированных циклических движений рук у детей дошкольного и младшего школьного возраста // Новые исследования. 2013. Т. 34. № 1. С. 9-18.

*Логвиненко А.Д., Жедунова Л.Г.* Адаптация к инверсии сетчаточных изображений: непрерывное ношение инвертоскопа не является необходимым // Вопросы психологии. 1981. № 6. С.83-92.

*Логвиненко А.Д., Жедунова Л.Г.* Адаптация к инвертированному зрению // Вопросы психологии. 1980. № 6. С.97-108.

*Меньшикова Г.Я., Ковалев А.И.* Роль нистагменных движений глаз в формировании иллюзии движения собственного тела // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2018. № 4. С. 135-148. DOI: 10.11621/vsp.2018.04.135

*Смыслова О.В., Войкунский А.Е.* Киберзаболевание в системах виртуальной реальности: феноменология и методы измерения // Психологический журнал. 2019. Том 40. № 4. С.85-94. DOI: 10.31857/S020595920005473-6

*Судаков К.В.* Функциональные системы. М.: «Издательство РАМН», 2011. 320 с.

*Шарина Е.П.* Теория сенсорного конфликта в тренировке вестибулярной устойчивости морских курсантов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. Т. 46. № 4-3. С. 127-129. DOI:10.18454/IRJ.2016.46.213

*Brandt T., Bartenstein P., Janek A., Dieterich M.* Reciprocal inhibitory visual-vestibular interaction. Visual motion stimulation deactivates the parietoinsular vestibular cortex // Brain. 1998.Vol. 121. № 9. P. 1749–1758. DOI: 10.1093/brain/121.9.1749

*Keshavarz B., Berti S.* Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study // Behavioural Brain Research. 2014. Vol. 259 № 1. P. 131-136. doi: 10.1016/j.bbr.2013.10.045

*Nakagawa S., Nishiike S., Tonoike M., Takeda N., Kubo T.* Measurements of brain magnetic fields associated with apparent self-motion // International Congress Series. 2002. Vol.1232. P. 367–371. DOI: 10.1016/S0531-5131(01)00790-7

Статья поступила в редакцию: 26.03.2023. Статья опубликована 02.07.2023

## METHOD OF HUMAN COGNITIVE AND MOTOR FUNCTIONS ASSESSMENT UNDER CONDITIONS OF VISUAL FIELD INVERSION

© 2023 I.B. Sivachenko \*, Dmitrii S. Medvedev\*\*

*\* Researcher of Laboratory of Cortico-Visceral Physiology Pavlov Institute of Physiology of  
the Russian Academy of Sciences; St. Petersburg, Russia.*

*e-mail: avans\_d@mail.ru*

*\*\* PhD, prof., general researcher of physiological assessment and medical correction of  
Research Institute of hygiene, occupational pathology and human ecology, Federal medical  
biological agency, St. Petersburg, Russia.*

*e-mail: rsc-ide@yandex.ru*

The method has been developed for assessing the cognitive-motor functions of a person, based on the phenomenon of inversion of the field of view, the use of special optical devices - invertoscopes, which make it possible to form an image inverted relative to the horizontal (patent for method No. 2787454). The method consists in the subjects performing the task of responding to presented spatially spaced light stimuli, first in a normally oriented visual field, then in an inverted field. The developed method makes it possible to evaluate cognitive-motor functions according to the following indicators: the average value of the response time to the stimulus ( $X_{cp}$ ), the calculated curvature coefficient of the reaction trend ( $k$ ), the time of the first reactions ( $X_1$ ). These characteristics can serve as indicators of the involvement of human compensatory mechanisms in conditions of disorientation. The degree of activation of cognitive processes under conditions of disorientation can be assessed by the calculated coefficient of curvature of the trend of reactions to the presented stimulus. In order to test the methodology and evaluate its diagnostic qualities, on the basis of "Scientific research institute of hygiene, occupational pathology and human ecology" of the FMBA of Russia, a study was done with the participation of 31 people. The method can be used in the field of professional selection to assess adaptive capabilities in conditions of visual disorientation. Also, in the field of sports (freestyle, basketball, parachuting, diving, etc.), sports medicine, military services, etc. In the field of accompanying extreme activities, for the timely detection of violations of cognitive-motor functions, for correction and recovery deficient neuronal processes of cognitive-motor functions. Testing takes 15-20 minutes, processing - 20-30 minutes, which allows using this technique as part of an on-site examination program.

*Key words:* visual field inversion, disorientation, cognitive functions, motor functions, psychophysiology,vection.

## REFERENCE

- Kovalev, A.I., & Men'shikova, G.YA. (2015). Vekciya v virtual'nyh sredah: psihologicheskie i psihofiziologicheskie mekhanizmy formirovaniya [Vector in virtual environments: psychological and psychophysiological mechanisms of formation]. *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal [National psychological journal]*, 20 (4), 91-104. (in Russian). DOI: 10.11621/npj.2015.0409
- Kovalyov, A.I. (2017). Psihofiziologicheskie mekhanizmy illyuzii dvizheniya sobstvennogo tela. [Psychophysiological mechanisms of the illusion of movement of one's own body]. *Candidate's thesis*. Moscow. (in Russian).
- Kravchenko, E.A., & Bogatov, N.M. (2019). Izmeneniya sostoyaniya vegetativnoj nervnoj sistemy v hode razresheniya konflikta mezhdru zritel'noj i vestibulyarnoj sistemami [Changes in the state of the autonomic nervous system during conflict resolution between the visual and vestibular systems]. *Sovremennye problemy fiziki, biofiziki i infokommunikacionnyh tekhnologij [Modern problems of physics, biophysics and infocommunication technologies]*, 8, 35-45. (in Russian).
- Kurganskij, A.V. (2013). Formirovanie i regulyaciya tonko-koordinirovannyh ciklicheskih dvizhenij ruk u detej predshkol'nogo i mladshogo shkol'nogo vozrasta [Formation and regulation of finely coordinated cyclic movements of the hands in children of preschool and younger school age]. *Novye issledovaniya [New research]*, 34 (1), 9-18. (in Russian).
- Logvinenko, A.D., & ZHedunova, L.G. (1981). Adaptaciya k inversii setchatochnyh izobrazhenij: nepreryvnoe noshenie invertoskopa ne yavlyaetsya neobhodimym [Adaptation to retinal image inversion: continuous wearing of an invertoscope is not necessary]. *Voprosy psihologii [Questions of psychology]*, 6, 83-92. (in Russian).
- Logvinenko, A.D., & ZHedunova, L.G. (1980). Adaptaciya k invertirovannomu zreniyu [Adaptation to inverted vision]. *Voprosy psihologii [Questions of psychology]*, 6, 97-108. (in Russian).
- Men'shikova, G.YA., & Kovalev, A.I. (2018). Rol' nistagmennyh dvizhenij glaz v formirovanii illyuzii dvizheniya sobstvennogo tela [The role of nystagmic eye movements in the formation of the illusion of movement of one's own body]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psihologiya [Bulletin of Moscow University. Series 14. Psychology.]*, 4, 135-148. (in Russian). DOI: 10.11621/vsp.2018.04.135
- Smyslova, O.V., & Vojkunskij, A.E. (2019). Kiberzabolevanie v sistemah virtual'noj real'nosti: fenomenologiya i metody izmereniya [Cyber disease in virtual reality systems:

phenomenology and measurement methods]. *Psichologicheskij zhurnal [Psychological journal]*, 40 (4), 85-94. DOI: 10.31857/S020595920005473-6

Sudakov, K.V. (2011). *Funkcional'nye sistemy [Functional systems]*. Moscow: RAMN.

SHarina, E.P. (2016). Teoriya sensorного konflikta v trenirovke vestibulyarnoj ustojchivosti morskikh kursantov [The theory of sensory conflict in training the vestibular stability of sea cadets]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]*, 46 (4-3), 127-129. DOI:10.18454/IRJ.2016.46.213

Brandt, T., Bartenstein, P., Janek, A., & Dieterich, M. (1998). Reciprocal inhibitory visual-vestibular interaction. Visual motion stimulation deactivates the parietoinsular vestibular cortex. *Brain*, 121 (9), 1749–1758. DOI:10.1093/brain/121.9.1749

Keshavarz, B., & Berti, S., (2014). Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study. *Behavioural Brain Research*, 259 (1), 131-136. DOI:10.1016/j.bbr.2013.10.045

Nakagawa, S., Nishiike, S., Tonoike, M., Takeda, N., & Kubo, T. (2002). Measurements of brain magnetic fields associated with apparent self-motion. *International Congress Series*, 1232, 367–371. DOI: 10.1016/S0531-5131(01)00790-7

The article was received: 26.03.2023. Published online: 02.07.2023

Библиографическая ссылка на статью:

Сиваченко И.Б., Медведев Д.С. Методика оценки когнитивно-моторных функций человека в условиях инверсии поля зрения // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2023. Т. 8. № 2. С. 159–180. DOI: 10.38098/ipran.opwr\_2023\_27\_2\_007

Sivachenko, I.B., Medvedev, D.S. (2023). Metodika ocenki kognitivno-motornyh funkciy cheloveka v usloviyah inversii polja zrenija [Method of human cognitive and motor functions assessment under conditions of visual field inversion]. *Institut Psikhologii Rossiyskoy Akademii Nauk. Organizatsionnaya Psikhologiya i Psikhologiya Truda [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational Psychology and Psychology of Labor]*. 8(2). 159 -180. DOI: 10.38098/ipran.opwr\_2023\_27\_2\_007

Адрес статьи: <http://work-org-psychology.ru/engine/documents/document906.pdf>