

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 612.846.3.014.421.8:778.347

**КОЛЕСНИКОВА Марина Леонидовна**

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ  
ФУНКЦИИ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА  
МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ  
ЭЛЕКТРООКУЛОГРАФИИ**

03.00.13 – физиология

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Минск 2006

Работа выполнена в УО «Белорусский государственный медицинский университет»

**Научный руководитель:** доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, заведующий кафедрой нормальной физиологии УО «Белорусский государственный медицинский университет» Кубарко Алексей Иванович

**Официальные оппоненты:** доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии УО «Витебский государственный медицинский университет» Кузнецов Владимир Иванович

доктор медицинских наук, член-корреспондент НАНБ, профессор, заведующий лабораторией психонейрофизиологии ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси» Кульчицкий Владимир Адамович

**Оппонирующая организация:** УО «Белорусский государственный университет»

Защита состоится 16 июня 2006 г. в 15<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите диссертаций Д 03.18.02 при УО «Белорусский государственный медицинский университет» по адресу: 220116, г. Минск, пр-т Дзержинского, 83. тел. 272-55-98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный медицинский университет».

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2006 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций  
кандидат медицинских наук, доцент

А.И. Герасимович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Поиск методов оценки состояния функций мозга всегда привлекал внимание физиологов и врачей, так как применение адекватного метода исследования является определяющим условием получения объективной информации. Подтверждением этому является разработка и успешное применение методов исследования рефлексов нервной системы классиками физиологии Сеченовым И.М., Шеррингтоном Ч.; условных рефлексов Павловым И.П. и его многочисленными учениками, внесшими неоценимый вклад в развитие науки о мозге.

Разработка методов регистрации электрических биопотенциалов мозга Бехтеревой Н.П., Hebb D.O., Walter W.G., Wetzel W., Gastaut A., отдельных нервных клеток Ходжкиным А., Куффлером С., Экклсом Дж., Костюком П.Г. и другими позволила раскрыть множество новых механизмов функционирования мозга. Эти методы продолжают успешно использоваться при проведении современных исследований функций мозга.

Одним из подходов к исследованию моторной функции головного мозга является оценка показателей мышечных движений, инициируемых и контролируемых центральной нервной системой. При этом большую ценность представляют методы, позволяющие изучать тонкие показатели произвольных движений, осуществляемых дистальными мышцами кистей рук, глаз. В последние годы отмечается возрастание интереса исследователей и клиницистов к изучению движений глаз, контролируемых многими структурами мозга [Baloh R.W. с соавт., 1990; Nakashima I. с соавт., 2000; Mastalgia F. с соавт., 1990; Gitelman D. с соавт., 2002]. Становится все более очевидным, что вовлечение в контроль движений глаз ряда структур головного мозга обусловлено тем, что от точности фиксации изображения объекта на сетчатке зависит острота зрения, способность воспринимать движение, различать детали движущихся объектов, формировать трехмерность визуального пространства, расположение в нем различных объектов и другие функции зрения [Jacome D. с соавт., 1990; Rafai R. с соавт., 2002; McGrath M. с соавт., 2002].

Характер осуществления и нарушения мышечных движений, в том числе движений глаз, во многом зависит от функционального состояния контролирующих их структур ЦНС. Это дает возможность по показателям мышечных движений или их нарушений судить о состоянии функций ЦНС, диагностировать некоторые ее заболевания. Особое значение в этой связи могли бы иметь методы количественной оценки мышечных движений. В последние годы были разработаны и применены методы оценки движений глаз с помощью инфракрасной окулографии, видеосъемки скоростными видеокамерами, регистрации перемещений в электромагнитном поле магнитных колец, вмонтированных в контактные линзы [Collewijn H. с соавт., 1990; Leigh R.I. с соавт., 1995; Kaufman S.R. с соавт., 1999]. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

Применение любого из методов регистрации движений глаз приобретает ценность при дополнительной разработке методических подходов, обеспечивающих возможность осуществления следящих движений глаз испытуемых за визуальными объектами, движущимися по заданным траекториям и возможность одновременной регистрации движений визуальных объектов и следящих движений

глаз с последующим количественным анализом. Так как типы и характер движений глаз контролируются различными областями мозга, то для оценки их функции требуется создание таких двигательных задач для глаз испытуемых, при выполнении которых достигалась бы активация функций интересующих структур мозга.

Реализация таких методических подходов и интерпретация получаемых с их помощью результатов исследований затрудняется отсутствием общепринятых нормативов основных показателей различных видов движений глаз.

Нерешенность перечисленных проблем, важных с теоретической и, особенно, с практической точки зрения — диагностики заболеваний ЦНС на ранних стадиях — обуславливают актуальность проведения настоящего исследования.

Связь работы с научными программами, темами. **Диссертация выполнена в рамках темы научно-исследовательской работы «Нейрофизиологические основы изменения функциональной активности мозга и формирования адаптивных реакций организма», номер государственной регистрации 1995663.**

Цель и задачи исследования. **Целью работы явилось выявление наиболее информативных электроокулографических показателей основных типов движений глаз человека для оценки состояния глазодвигательной функции головного мозга.**

**Для достижения цели планировалось решить следующие задачи:**

1. Разработать модели движения объектов на экране компьютерного монитора для тестирования основных типов движений глаз человека и синхронизированной регистрации электроокулограммы.

2. Провести электроокулографическую (ЭОГ) регистрацию и анализ основных типов движений глаз у практически здоровых людей разного возраста и выявить наиболее информативные показатели, характеризующие состояние глазодвигательной функции мозга.

3. Провести ЭОГ регистрацию и анализ основных типов движений глаз на модели нарушенных сенсомоторных функций зрительного анализатора (при рассеянном склерозе (РС)).

4. Осуществить сравнительный анализ показателей движений глаз в условиях нормы и при демиелинизирующих нарушениях нейронных путей их контроля.

5. Дать обоснование возможности применения разработанных компьютеризированных подходов к регистрации и анализу показателей движений глаз для оценки состояния глазодвигательной функции мозга и ее нарушений.

Объекты и предмет исследования. **Объектом исследования были здоровые испытуемые различного возраста, а также больные с клинически подтвержденным демиелинизирующим заболеванием — рассеянным склерозом.**

Предметом исследования были временные, амплитудные и частотные показатели различных типов движений глаз, выполнявшихся испытуемыми при слежении за визуальными объектами на экране монитора; показатели состояния тонуса автономной нервной системы испытуемых в процессе исследования.

**Гипотеза.** Типы и характер движений глаз находятся под преимущественным контролем определенных областей мозга. По показателям следящих движе-

ний за перемещением визуальных объектов по программируемым траекториям можно судить о состоянии функций контролирующих их структур мозга. Изменение показателей движений глаз должно иметь место при нарушении функций мозга, естественной моделью которых могут быть процессы демиелинизации в структурах зрительного анализатора при заболевании рассеянным склерозом.

**Методы проведенного исследования.** Для решения поставленных задач использовались методы компьютеризированной электроокулографии, фотоплетизмографии и специальные методы расшифровки и анализа записанных окулограмм.

Результаты исследования обработаны общепринятыми методами элементарной статистики с использованием компьютерной программы Excell.

**Научная новизна и значимость полученных результатов.** Разработан и реализован комплексный оригинальный подход к оценке функционального состояния различных структур ЦНС, организующих и контролирующих движения глаз. Для их оценки использовались данные количественного анализа: устойчивости удерживания фиксированного взора; временных затрат мозга на обработку визуальных сигналов, программирование и осуществление саккадических движений глаз в контролируемых условиях; зависимости частоты циклов медленное отведение — быстрый возврат взора от частоты оптокинетического стимулирования.

Разработан и реализован комплекс программируемых компьютером движений визуальных объектов на экране монитора, слежение за которыми позволяет наблюдать у испытуемых основные типы движений глаз и по временным, амплитудным и частотным показателям их осуществления оценивать функциональное состояние структур мозга, контролирующих исследуемый тип движений.

Разработаны визуальные тесты различной сложности и визуальные помехи, предъявление которых ставило структуры зрительного анализатора испытуемых в условия дополнительной функциональной нагрузки и позволяло более тонко выявлять особенности их функционирования в различных условиях.

Проведенное исследование показателей основных типов движений глаз у здоровых испытуемых различного возраста и на модели демиелинизации сенсорных и глазодвигательных путей зрительного анализатора у больных рассеянным склерозом показало, что разработанный комплексный подход к оценке функционального состояния структур ЦНС, контролирующих движения глаз, может использоваться не только для изучения нормальной глазодвигательной функции мозга в условиях функциональных нагрузок, но и для выявления ее нарушений.

**Практическая значимость полученных результатов.** Полученные на большой (132 человека) группе здоровых испытуемых различного возраста показатели основных типов движений глаз, могут быть использованы в качестве нормативных, характеризующих нормальное состояние и возрастные изменения функций структур мозга, контролирующих эти движения. Выявленная динамика изменений этих показателей при различных условиях зрительной стимуляции расширяет представление о механизмах организации и контроля движений глаз. Полученные данные о больших затратах времени при осуществлении быстрых

произвольных движений глаз, о неустойчивости функции фиксации взора и нарушении функции возврата взора при его рефлекторном отклонении у больных рассеянным склерозом по сравнению со здоровыми дают основание не только судить о негативном влиянии демиелинизации на состояние глазодвигательной функции зрительного анализатора, но и рекомендовать использовать эти показатели в качестве дополнительных диагностических признаков рассеянного склероза. Разработанный компьютеризированный метод регистрации ЭОГ, синхронизированной с регистрацией движений визуальных объектов, позволил получить объективные, воспроизводимые данные о состоянии нормальных и нарушенных функций глазодвигательной системы мозга у здоровых и больных людей. Относительная простота, невысокая стоимость используемого оборудования, неинвазивность предложенного метода, отсутствие негативных побочных явлений в процессе его применения дают основания рекомендовать его для широкого применения, как в исследовательских лабораториях, так и в клинической практике.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.** Разработан комплексный оригинальный подход к исследованию функционального состояния различных структур ЦНС, контролируемых глазодвигательные функции зрительного анализатора, основанный на количественной оценке электроокулографических показателей различных типов движений глаз.

Созданы модели движения на экране монитора визуальных объектов, слежение за которыми позволяет вызывать у испытуемых основные типы движений глаз, в осуществление которых преимущественно вовлекаются определенные для каждого типа движений структуры мозга, а также способы синхронной аналоговой и цифровой регистрации показателей движений глаз и пространственно-временных координат перемещений визуальных объектов.

Полученные при исследовании 132 здоровых испытуемых различных возрастных групп данные об устойчивости фиксации взора, временные параметры осуществления быстрых саккадических движений глаз, частотные показатели оптокинетических движений глаз могут быть использованы в качестве нормативных показателей, характеризующих нормальное состояние и возрастные изменения функций структур мозга, контролируемых эти движения.

Полученные данные о сохранности у здоровых испытуемых старших возрастов функции фиксации взора, контролируемой глазными полями коры больших полушарий головного мозга, верхними бугорками 4-холмия, рядом структур ствола мозга.

Полученные данные об увеличении (при решении усложненных двигательных задач; предъявлении заданий на фоне визуальных помех) временных затрат мозга на подготовку и осуществление быстрых произвольно-рефлекторных саккадических движений, контролируемых в основном первичной зрительной корой, глазным полем теменной коры, верхними бугорками 4-холмия, центром горизонтального взора варолиева моста и другими структурами ствола и мозжечка.

Полученные у здоровых и при демиелинизации данные о зависимости от частоты оптокинетической стимуляции характера рефлекторных движений глаз в циклах медленное отведение — быстрый возврат, отражающие состояние функции дополнительных зрительных путей, вестибулярных и глазодвигательных ядер ствола мозга.

Полученные данные о больших затратах времени на осуществление быстрых движений глаз, о большей неустойчивости фиксации взора, о снижении пороговой частоты оптокинетической усталости при демиелинизации, по сравнению со здоровыми, свидетельствующие о негативном влиянии демиелинизации на состояние глазодвигательной функции различных структур зрительного анализатора и усилении этого влияния при более тяжелой степени демиелинизации. Эти данные могут рекомендоваться для использования в качестве дополнительных к существующим диагностическим признакам РС.

**Личный вклад соискателя.** Диссертант принимал непосредственное участие в формулировании целей и задач исследования. Результаты проведенного исследования получены соискателем самостоятельно. При обследовании больных рассеянным склерозом использовались данные общеклинических исследований. Непосредственный отбор больных для обследования и клиническая оценка у них состояния функций зрительного анализатора осуществлялись врачом нейроофтальмологом 9-й клинической больницы г. Минска Н.П. Кубарко, за что автор выражает ей искреннюю благодарность. Автором изучена доступная отечественная и зарубежная литература по теме исследования, самостоятельно проведены расшифровка записей, математическая обработка и статистический анализ полученных данных.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения диссертации были доложены на заседании Белорусского общества физиологов (Минск, 1998), на международной конференции «Рассеянный склероз: основы здоровья» (Санкт-Петербург, 1999), на научных сессиях МГМИ секции медико-биологических наук в 2000–2001 гг., на научных сессиях БГМУ секции медико-биологических наук в 2003, 2005 гг.

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликованы 8 работ, в т. ч. 3 статьи в рецензируемых научных медицинских журналах, 4 статьи в сборниках научных работ, 1 тезисное сообщение на международной конференции. Общее количество страниц опубликованных материалов 37.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из общей характеристики работы, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, трех глав описания результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, списка литературы, включающего 212 источников, в том числе 137 зарубежных и 8 авторских работ и приложения. Диссертация изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 22 рисунка, 30 таблиц, 3 приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Методы исследования и группы испытуемых**

Для достижения цели исследования и реализации поставленных задач было обследовано 132 здоровых испытуемых различных возрастных групп и 31 больной с клинически установленным диагнозом РС, находившийся на лечении в 9-й клинической больнице г. Минска в период с 1997 по 2001 гг.

Синхронная регистрация движений глаз и визуального объекта и их оценка осуществлялась с помощью специальной методики, разработанной на кафедре нормальной физиологии Белорусского государственного медицинского университета. В ее основу была положена известная методика ЭОГ-регистрации движений

глаз, которая в ее классическом исполнении не позволяет одновременно регистрировать движения глаз и зрительного стимула. Для реализации разработанной методики использовался экран компьютерного дисплея, на котором с помощью оригинальных компьютерных программ обследуемому предъявлялся неподвижный или движущийся зрительный стимул. Экран дисплея размером 24×32 см находился на расстоянии 30 см от глаз обследуемого, который располагался в кресле за компьютерным столом. Подбородок и, тем самым, голова испытуемого фиксировались с помощью специальной регулируемой по высоте подставки таким образом, чтобы глаза испытуемого находились на уровне центра дисплея. Исследование проводилось в затемненном помещении после 10–15-минутной темновой адаптации испытуемого.

Возникающее при движении глаз изменение положения роговично-сетчаточного потенциала регистрировалось отводящими электродами и записывалось в виде электроокулограммы (ЭОГ). Использовалась методика биполярного отведения ЭОГ, для реализации которой регистрирующие одноразовые стандартные электроды, применяемые для отведения ЭКГ, накладывались на кожу височной области, а общий электрод — на кожу области лба непосредственно выше переносицы. Электроды соединялись со входом усилителя биоэлектрических потенциалов «Bioelektric amplifier AB-60G» фирмы «Nihon kohden», (Япония). Запись ЭОГ-кривых проводилась при помощи записывающего устройства TAR-1100 фирмы «Nihon kohden», (Япония).

Одновременно сигнал с выхода усилителя подавался через многоканальный аналогово-цифровой преобразователь на компьютер РС-486 и использовался как для регистрации биоэлектрического сигнала, синхронизированного с предъявлением и перемещением на экране зрительного стимула, так и сохранения данных в памяти компьютера для последующей их цифровой обработки. Анализ электроокулограмм проводился с помощью оригинальной компьютерной программы, позволяющей оценивать временные, частотные и амплитудные ЭОГ-характеристики глазодвигательной реакции.\*

Кроме того, в ходе исследования у испытуемых оценивалась реакция автономной нервной системы при выполнении тестов путем регистрации частоты сердечных сокращений методом фотоплетизмографии с использованием фотоплетизмографа ФПГ-02 (Беларусь).

Было создано три основных варианта компьютерных программ для формирования и управления движением зрительных объектов.

С помощью первой программы была предпринята попытка создания тестов, позволяющих оценить функции нейронных структур глазодвигательной системы стволового уровня, включающего глазодвигательные ядра, ядра ретикулярной формации моста и среднего мозга, претектальные ядра, верхние бугорки четверохолмия, медиальный продольный пучок. С целью изучения функционального состояния данного нейронального уровня была проведена оценка функции фиксации

---

\* Техническая помощь в создании программных средств была оказана сотрудниками лаборатории информационно-компьютерных технологий ЦНИЛ БГМУ, за что автор выражает им свою искреннюю благодарность.

взора, осуществляемой с использованием как микродвижений, так и макродвижений глаз (конвергенция зрительных осей и удержание глазных яблок в определенном положении при фиксации зрительного стимула). Компьютерная программа формировала на экране дисплея зрительный стимул в виде неподвижного, светящегося в центре темного экрана пятна размером 3×3 мм. Фиксация взгляда испытуемых исследовалась в двух сериях экспериментов:

- испытуемых просили после полной темновой адаптации в затемненном помещении произвольно направлять и удерживать взгляд прямо перед собой в течение 20–30 сек в условиях отсутствия какого-либо зрительного стимула в поле зрения;

- испытуемых, находившихся в тех же условиях исследования, просили фиксировать и удерживать взгляд на светящейся точке размером 3×3 мм, находящейся в центре поля зрения на темном экране дисплея на расстоянии 30 см от глаз.

На зарегистрированной электроокулограмме оценивалась устойчивость фиксации взгляда, координация установки зрительных осей обоих глаз, а так же амплитудные и частотные характеристики микродвижений при фиксации взгляда.

Дальнейшая оценка функционального состояния стволовых структур, контролирующих движения глаз и их взаимодействие с вестибулярной системой и мозжечком, проводилась при исследовании оптокинетического нистагма (ОКН), возникающего при появлении в поле зрения испытуемого оптокинетического зрительного стимула — ритмически повторяющегося движущегося однотипного объекта в виде черно-белых полос. Для инициирования ОКН-реакции испытуемому на экране дисплея предъявляли движущиеся вертикальные черно-белые полосы. Компьютерная программа позволяла задавать направление движения полос по экрану (слева направо или справа налево), скорость движения полос, ширину полос, контраст черного и белого цвета. Скорость движения полос ступенчато увеличивалась от минимальной, подпороговой скорости движения зрительного стимула для инициации плавных прослеживающих движений глаз, до максимальной, сверхпороговой скорости, при которой глазные яблоки уже не успевают осуществлять плавное прослеживание зрительного стимула и дополняют наблюдение скачкообразным перебросом взгляда. Были выполнены две серии исследований. В первой серии полосы двигались слева направо; исследование проводилось в 9 этапов, при этом на каждом этапе происходило последовательное увеличение частоты предъявления полос от 0,5 до 14 Гц, соответственно. Во второй серии движение полос на экране осуществлялось справа налево так же в 9 этапов с аналогичными скоростями. В ходе исследования ОКН регистрировались и оценивались следующие показатели:

- наличие оптокинетической реакции;
- направление нистагма;
- средние значения частоты ОКН при каждой частоте оптокинетической стимуляции, которая определялась как усредненное значение частоты ОКН на протяжении всей записи в данном режиме;
- максимальная частота ОКН при каждой частоте оптокинетической стимуляции, которая определялась на участке записи ЭОГ с максимальным числом циклов ОКН;

– порог оптокинетической усталости, который определялся по частоте оптокинетической стимуляции, при которой начиналось снижение частоты ОКН.

Следующая компьютерная программа была использована для формирования двигательных задач, при осуществлении которых появлялась возможность оценки функции более высоких нейрональных уровней организации и контроля движений глаз. Этот уровень включает латеральные колленчатые тела, базальные ганглии, ядра таламуса и определенные области коры (затылочная стриарная кора (поле 17), экстастриарная кора (поля 18, 19), теменная (поле 7), височная (поле 39) кора, зрительные поля лобной коры (поля 4, 6, 8).

Однако, поскольку нейроны стволовых глазодвигательных ядер являются звеньями общей сети управления движениями глаз и их активность контролируется глазодвигательными центрами более высокого уровня, то характер движений визуальных объектов, задававшийся данной компьютерной программой, позволял моделировать движения глаз и оценивать по их показателям не только состояние функций этих высших центров глазодвигательной системы, но и функции глазодвигательных центров стволового уровня.

Компьютерная программа позволяла формировать на экране визуальные стимулы для инициирования произвольно-рефлекторных саккадических движений глаз. На экране моделировалось скачкообразное перемещение светящейся точки в радиальных направлениях от точки, постоянно светящейся в центре экрана. Компьютерная программа позволяла создать условия для моделирования двух вариантов произвольно-рефлекторных саккадических движений глаз при слежении за перемещениями зрительного объекта на экране. В первой серии данного исследования на равномерном темном фоне экрана светящийся объект каждые 2 секунды совершал скачкообразные радиальные перемещения на угловые расстояния  $20^\circ$  от светящейся точки, фиксированной в центре экрана. Угловое расстояние было выбрано с учетом того, что поступление сигналов от зрительных объектов, расположенных не более чем  $20^\circ$  от центра поля зрения, сопровождается при реакции отслеживания только движениями глаз. Если же зрительный стимул располагается на периферии поля зрения более чем  $20^\circ$ , то слежение за данным стимулом требует движений не только глаз, но и координированных сочетанных движений глаз и головы. Направление перемещения объекта на экране определялось компьютерной программой по четырем прямым осям (вверх, вправо, вниз, влево), по диагональным осям  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$  и в направлениях, выбираемых компьютерной программой в случайном порядке.

Перед началом тестирования испытуемый получал инструкцию фиксировать взор на точке, находящейся в центре экрана. При появлении на периферии экрана нового светового пятна испытуемому предлагалось как можно быстрее перебросить на него взор, зафиксировать в новой координате, а затем как можно быстрее вернуть взор к исходной центральной точке. Показатели саккад испытуемых оценивались по средним значениям, вычисленным из 5–6 тестов, выполнявшихся каждым испытуемым.

Во второй серии исследования испытуемых инструктировали отслеживать такое же движение светящегося объекта, который перемещался на экране на

фоне помех в виде вертикальных черно-белых полос шириной 0,5 см, равномерно двигавшихся на экране справа налево со скоростью около 19 град/сек или 2,5 Гц. При этом регистрировались и оценивались такие показатели глазодвигательной реакции, как продолжительность латентного периода произвольного саккадического движения — времени от момента появления светового пятна в периферической координате экрана дисплея до начала саккадического движения глаз испытуемого, время переброса взора на новую точку, продолжительность фиксации взора на ней и время саккадического возврата взора к исходной центральной точке.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Исследование состояния функции фиксации взора

При ЭОГ-исследовании функции фиксации взора практически у всех здоровых испытуемых регистрировались параллельные окулографические кривые обоих глаз, на одном и том же уровне записи, без дрейфа. Амплитуда колебаний ЭОГ составила в среднем 30–35 мкВ, и ее величина не изменялась более чем в два раза в течение всего времени исследования. На ЭОГ отмечался аperiodический характер колебаний с частотой около 90 Гц. Статистически однородные результаты были получены при исследовании как с точкой фиксации, так и без нее (табл. 1).

Таблица 1

Параметры движений глаз при фиксации взора здоровыми испытуемыми

Группы обследованных		Параметры движений глаз			
		Амплитуда микротремора, мкВ		Частота микротремора, Гц	
		без точки фиксации	с точкой фиксации	без точки фиксации	с точкой фиксации
Студенты, 19–22 года, $n = 100$		$33,6 \pm 4,1^*$	$33,3 \pm 5,1^*$	$92,4 \pm 8,0^{**}$	$90,1 \pm 7,0^{**}$
Группа контроля	20–29 лет, $n = 7$	$34,7 \pm 3,7^*$	$32,8 \pm 2,3^*$	$93,3 \pm 7,2^{**}$	$92,8 \pm 9,1^{**}$
	30–39 лет, $n = 10$	$32,7 \pm 4,1^*$	$30,7 \pm 3,9^*$	$88,6 \pm 9,0^{**}$	$89,4 \pm 7,3^{**}$
	40–49 лет, $n = 11$	$34,2 \pm 4,1^*$	$31,9 \pm 3,2^*$	$92,6 \pm 9,1^{**}$	$94,8 \pm 6,2^{**}$
	50–71 год, $n = 4$	$33,9 \pm 4,0^*$	$35,6 \pm 4,0^*$	$87,7 \pm 8,1^{**}$	$88,4 \pm 5,3^{**}$
Всего, $n = 132$		$34,1 \pm 3,9^*$	$33,9 \pm 3,2^*$	$91,9 \pm 8,2^{**}$	$90,0 \pm 7,7^{**}$

Примечание: \* — отсутствие достоверных различий значений амплитуды микротремора всех возрастных групп при наличии и отсутствии точки фиксации; \*\* — отсутствие достоверных различий значений частоты микротремора всех возрастных групп при наличии и отсутствии точки фиксации.

Отсутствие девиации, резких колебаний амплитуды микротремора и параллельность ЭОГ обоих глаз в течение всей записи, свидетельствуют о сохранении у испытуемых нормальной установки зрительных осей, конъюгированности взора при его фиксации и дают основание считать, что у обследованных здоровых испытуемых были сохранены нормальные механизмы функционирования фиксации взора. Характер ЭОГ во время фиксации взора был подобным для всех здоровых испытуемых.

Во время исследования фиксации взора, продолжавшейся 20–30 сек, не было отмечено со стороны испытуемых субъективных ощущений усталости глаз и не отмечалось признаков этой усталости на ЭОГ. Выбранная продолжительность ис-

следования фиксации позволяла, на наш взгляд, с одной стороны исключить развитие утомления зрительного анализатора и глазодвигательной системы, а с другой — была достаточной для выявления характера фиксации взора.

Однородность ЭОГ-показателей фиксации взора, полученных при исследовании достаточно большого числа здоровых обследованных (132 человека), позволила такие характеристики электроокулографической кривой фиксации взора, как параллельность кривых обоих глаз, регистрация записи на одном уровне, амплитуда колебаний  $34,1 \pm 4,0$  мкВ, частота  $91,9 \pm 8,2$  Гц и колебание этих показателей в пределах доверительного интервала принять за нормальные ЭОГ-критерии функции фиксации взора. Эти критерии использовались далее для проведения сравнительной оценки устойчивости фиксации взора у здоровых и больных рассеянным склерозом.

Анализ электроокулограмм фиксации взора у больных рассеянным склерозом показал, что их ЭОГ фиксации значительно отличается от ЭОГ здоровых по различным признакам. На зарегистрированных записях электроокулограмм у 6 (19,3 %) обследованных больных выявлена неустойчивость записи и девиация кривых ЭОГ обоих глаз, угол отклонения кривой от исходного горизонтального уровня составлял более  $5^\circ$ , что в 10 раз превышает максимальную, наблюдаемую в норме амплитуду дрейфа. Появление спонтанного нистагма в условиях фиксации взора в нейтральном положении глаз отмечалось у 10 (32,3 %) обследованных больных. У 7 (22,6 %) обследованных отмечались саккадические колебаниями глаз (низкочастотные (около 2–3 Гц) осцилляции амплитудой около 120–150 мкВ). Кроме нистагмоидных и саккадических движений глаз на ЭОГ регистрировались резкие колебания неопределенной формы и частоты, амплитуда которых более чем в два раза превышала среднюю амплитуду фиксационного микротремора. Эти колебания ЭОГ встречались у 14 (45,2 %) обследованных больных.

У большинства больных с выявленными нарушениями фиксации взора наблюдалось сочетанное изменение данной функции. Так, из 6 больных с девиацией на ЭОГ-кривых были отмечены также явления спонтанного нистагма (3 человека) и колебания глазных яблок с неопределенной формой и частотой (5 человек); у больных со спонтанным нистагмом также отмечались спонтанное отклонение ЭОГ-кривых от нулевого уровня (3 человека) и саккады (5 больных); на ЭОГ обследованных больных с колебаниями неопределенной формы и частоты в 8 случаях из 14 наблюдалось наложение нистагмоидной активности и в 6 — саккадических движений глаз.

Среди 19 больных рассеянным склерозом с выявленными нарушениями функции произвольной фиксации взора было 2-е мужчин и 17 женщин. Распределение этих больных по возрастным группам, по длительности и степени тяжести заболевания представлено в таблице 2.

**Распределение больных РС с выявленными нарушениями функции фиксации взора по возрастным группам, по длительности и степени тяжести заболевания**

Группы больных РС		Всего больных	Количество больных с нарушениями фиксации	% в своей группе
Возрастные группы	20–29 лет	7	4	57,1
	30–39 лет	8	5	62,5
	40–49 лет	12	7	58,3
	50–59 лет	4	3	75,0
Длительность заболевания	До 1 года	3	2	66,7
	1–4 лет	8	5	62,5
	5–9 лет	9	7	77,8
	10–14 лет	8	5	62,5
	15–19 лет	1	–	–
	20–24 года	2	–	–
Степень тяжести	<b>I</b>	6	2	33,3
	<b>II</b>	19	13	68,4
	<b>II–III</b>	6	4	66,7

Таким образом, среди факторов, определяющих течение заболевания, таких, как возраст больного, длительность заболевания и степень тяжести, именно последний фактор — степень тяжести заболевания — оказал наибольшее влияние на выраженность нарушений исследуемой функции.

Можно предполагать, что выявленные у больных РС нарушения фиксации взора могут быть следствием преимущественной демиелинизации волокон нейронов стволовых центров, контролирующих эту функцию.

**Исследование длительности основных периодов рефлекторно-произвольной саккадической реакции отслеживания зрительного стимула**

При выполнении теста отслеживания зрительного стимула, испытуемые всех обследованных групп совершали рефлекторно-произвольные саккадические движения глаз, которые складывались из ЛП, периода переброса взора на новую точку, периода фиксации взора на ней и периода возврата к исходной центральной точке.

Проведено исследование длительности периодов саккадического цикла у 132 здоровых испытуемых контрольной группы. У 100 испытуемых-студентов была исследована зависимость длительности данных периодов от пола, направления перемещения зрительного стимула и наличия визуальных помех. Оказалось, что показатели саккад были практически одинаковыми у юношей и девушек. ЛП период саккад возрастал в условиях слежения за перемещением визуального стимула по произвольно выбранным направлениям и его перемещением на фоне помех.

У 32 здоровых испытуемых различного возраста была изучена зависимость длительности периодов саккадической глазодвигательной реакции от возраста. Анализ результатов этой части исследования показал, что с увеличением возраста испытуемых наблюдается очевидная тенденция увеличения длительности латентного периода глазодвигательной реакции, как в исследовании без помех, так и с помехами. Период фиксации на новой точке в обеих сериях исследования возрастает после 30 лет и остается неизменным в более старшем возрасте, а периоды переброса и возврата взора к исходной точке не имеют четкой тенденции изменения с возрастом. Введение функциональной нагрузки на зрительный анализатор и глазодвигательную систему в виде помех во всех возрастных группах достоверно увеличивает только продолжительность латентного периода глазодвигательной реакции.

При регистрации ЭОГ произвольных саккадических движений при слежении за зрительным стимулом, совершающим скачкообразные перемещения радиально на угловые расстояния в  $20^\circ$  от центральной точки, запись движений глаз у здоровых испытуемых группы контроля и больных РС имела сходный характер: фиксация взора на центральной точке, саккадический переброс взора на новую точку, фиксация на ней и саккадический возврат к центральной точке (табл. 3).

Сравнительный анализ показателей саккад у больных рассеянным склерозом и здоровых различных возрастных групп показал, что латентный период глазодвигательной реакции был более длительным у больных РС, чем у здоровых одинаковых возрастных групп в обеих сериях исследования, кроме группы 20–29 лет. В данной возрастной группе в серии исследования без помех различий в длительности латентного периода не было выявлено, хотя в исследовании на фоне помех латентный период у больных РС, также был более длительным ( $p < 0,001$ ).

Таблица 3

**Основные показатели рефлекторно-произвольной саккадической реакции здоровых испытуемых и больных рассеянным склерозом**

Компоненты рефлекторно-произвольной саккадической реакции		Группы обследованных	
		больные РС <i>n</i> = 31	группа контроля <i>n</i> = 32
Латентный период, мс	<b>без помех</b>	474,9 ± 50,1*	315,0 ± 47,1
	на фоне помех	650,8 ± 35,8*	421,3 ± 21,1
Переброс взора на новую точку, мс	без помех	50,8 ± 2,1*	41,6 ± 1,3
	на фоне помех	49,1 ± 2,4*	40,1 ± 2,2
Фиксация на новой точке, мс	без помех	588,6 ± 41,5*	320,8 ± 24,9
	на фоне помех	594,4 ± 43,0*	335,9 ± 30,3
Возврат к исходной точке, мс	без помех	48,6 ± 2,4	50,6 ± 3,9
	на фоне помех	52,8 ± 2,6	61,2 ± 9,9

Примечание: \* — наличие достоверных различий соответствующих показателей с группой контроля ( $p < 0,01$ ).

Период переброса взора на новую точку фиксации оказался более длительным у больных РС, чем у здоровых только в возрастной группе 20–29 лет в обеих сериях исследования; во всех остальных возрастных группах показатели больных РС, хотя и имеют несколько большие численные значения, но статистически достоверно не отличаются от таковых у здоровых испытуемых.

Период фиксации взора на новой точке был более длительным у больных РС, чем у здоровых одинаковых возрастных групп в обеих сериях исследования и во всех возрастных группах.

Период возврата взора к исходной точке не различался у больных РС и здоровых в обеих сериях исследования.

Таким образом, наиболее информативными показателями рефлекторно-произвольной саккадической реакции, отличающими здоровых и больных РС, являются удлинение латентного периода реакции и периода фиксации взора на новой точке, причем наличие функциональной нагрузки в виде помех на экране позволяет выявить различия этих показателей с высокой степенью достоверности даже для самых молодых возрастных групп здоровых и больных РС.

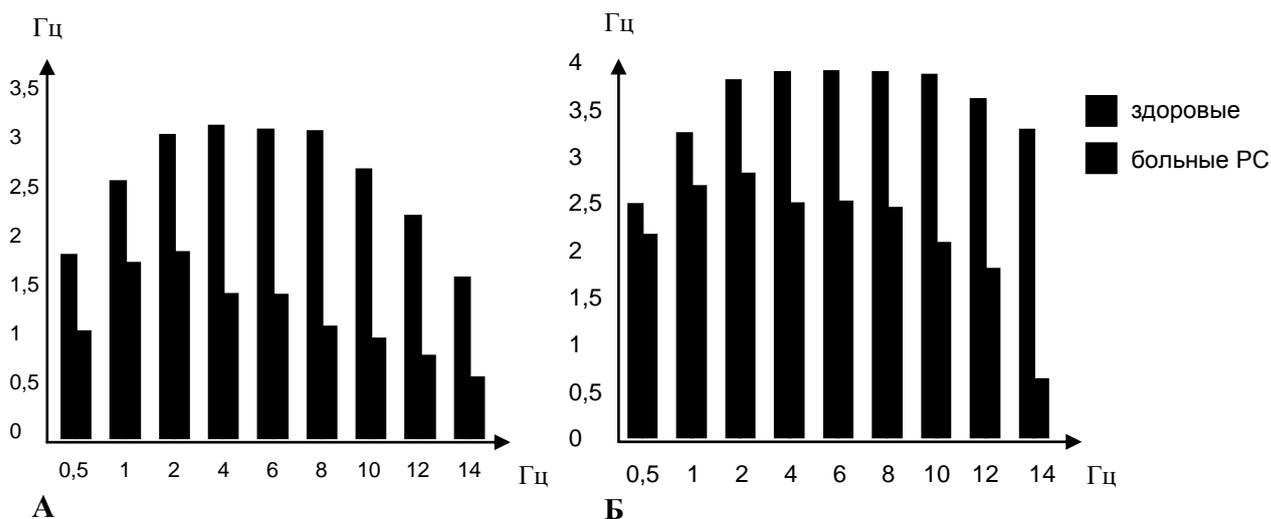
Полученные данные дают основание предполагать, что изменение саккадической глазодвигательной реакции у больных РС может быть следствием нарушения протекания нервных процессов в структурах головного мозга, контролирующих этот тип движений глаз.

### **Оценка состояния функции возврата взора при его рефлекторном отклонении**

Рефлекторная реакция индуцированного ОКН регистрировалась у всех здоровых испытуемых во всех сериях и при всех режимах стимуляции. На протяжении всего исследования никто из обследованных не отмечал трудностей при выполнении теста, утомления, головокружения или других субъективных неприятных ощущений. Из 31 обследованного больного РС задание выполнили только 24 человека, 7 больных выполнить задание не смогли. Двое из них имели заболевание II–III и пять — II степени тяжести. У некоторых больных РС в процессе тестирования ОКН возникало ощущение усталости, появлялось головокружение. В этих случаях тестирование ОКН прекращалось.

Результаты исследования показывают, что частота ОКН зависит от частоты оптокинетической стимуляции. У всех обследованных здоровых испытуемых во всех сериях исследования выявлена определенная динамика изменения средней частоты ОКН при повышении частоты оптокинетической стимуляции. В начале тестирования, при повышении частоты ОКН-стимула от 0,5 до 6 Гц наблюдалось увеличение средней частоты ОКН, а затем, при дальнейшем увеличении частоты стимуляции, средняя частота ОКН понижалась (рисунок). ОКН начинается колебаниями со средней частотой  $1,69 \pm 0,21$  Гц при движении полос справа налево и  $1,86 \pm 0,22$  Гц при движении полос слева направо. Затем с увеличением частоты оптокинетической стимуляции средняя частота ОКН также последовательно увеличивается и достигает наибольшего значения  $3,28 \pm 0,11$  Гц при частоте стимуля-

ции 6 Гц и движении полос справа налево и  $3,18 \pm 0,12$  Гц при частоте стимуляции 4 Гц и движении полос слева направо.



Динамика изменений средней (А) и максимальной (Б) частот ОКН при движении оптокинетического стимула справа налево у здоровых и больных РС при повышении частоты оптокинетической стимуляции (по оси  $x$  отмечена частота оптокинетической стимуляции (Гц), по оси  $y$  — частота ОКН (Гц)).

После достижения наибольших частот ОКН при дальнейшем возрастании частоты оптокинетического стимула, наблюдалось уменьшение частоты ОКН. Снижение средней частоты ОКН происходило так же последовательно, как и нарастание, минимальные значения средней частоты ОКН составили  $2,08 \pm 0,29$  Гц при движении полос справа налево и  $1,63 \pm 0,3$  Гц при их движении слева направо.

Таким образом, из полученных данных видно, что при достижении определенной частоты стимуляции в глазодвигательной системе мозга, контролирующей отведение и возврат взора, наблюдается отставание прироста частоты ОКН от прироста частоты стимуляции. Это снижение ответной оптокинетической реакции получило название порога оптокинетической усталости. Его значение, рассчитанное по средним частотам ОКН, для здоровых испытуемых составило 4–6 Гц.

Анализируя полученные записи ОКН, мы определяли те их участки, на которых было зарегистрировано движение глазных яблок с максимальной частотой. Такой участок был, как правило, непродолжителен, его длительность составляла одну или несколько секунд. Максимальная частота колебаний ОКН, достигавшаяся при начальной частоте оптокинетической стимуляции (0,5 Гц), у здоровых испытуемых составила  $2,55 \pm 0,17$  Гц (при движении полос справа налево) и  $2,46 \pm 0,14$  Гц (при движении полос слева направо). Затем так же, как и в случае изменения средних частот ОКН, происходило последовательное увеличение частоты оптокинетического ответа при увеличении частоты стимуляции до 6 Гц. При движении полос справа налево максимальные частоты нистагма составили у испытуемых в целом  $3,89 \pm 0,12$  Гц. При частоте стимуляции 8 Гц и движении полос слева направо максимальная частота ОКН составила у испытуемых  $4,04 \pm 0,15$  Гц. После достижения максимальной частоты ОКН при частотах стимуляции 6–8 Гц, в дальнейшем при увеличении частоты стимуляции происходило уменьшение частоты

оптокинетического ответа. Порог оптокинетической усталости, определенный для максимальных частот ОКН, составил 6–8 Гц.

У больных РС значения средней и максимальной частот ОКН были меньше, чем у здоровых испытуемых во всех сериях исследования. Различия частотных показателей ОКН больных РС и здоровых испытуемых выявлены практически на всех предъявляемых частотах движения полос с большой степенью достоверности ( $p < 0,01$  и менее). Только при оптокинетической стимуляции 0,5 Гц максимальная частота ответной ОКН-реакции у больных РС не отличалась от таковой здоровых испытуемых ( $2,15 \pm 0,22$  Гц и  $2,47 \pm 0,1$  Гц, соответственно). Обращает на себя внимание факт, что порог оптокинетической усталости у больных РС наступает раньше, т. е. при более низких частотах ОКН-стимуляции, чем у здоровых испытуемых. Так, наибольшая средняя и максимальная частота ОКН у больных РС возникла уже при частоте оптокинетической стимуляции 2 Гц, тогда как у здоровых испытуемых этот показатель составил 6 Гц для средней и 6–8 Гц для максимальной частот ОКН. Таким образом, реакция ОКН у больных РС оказалась сниженной по сравнению со здоровыми испытуемыми, а порог оптокинетической усталости у них достигался быстрее. С учетом полученных данных о снижении реакции ОКН у больных РС становится более понятным, почему у ряда из них при индуцировании ОКН эта реакция не проявлялась вовсе и ОКН не регистрировался. Снижением реактивности ОКН системы мозга у больных РС можно, вероятно, объяснить и наблюдавшиеся нами случаи временного подавления у них реакции ОКН в процессе тестирования, с последующим ее восстановлением.

Можно предполагать, что выявленные у больных РС нарушения ОКН-реакции могут быть следствием преимущественного демиелинизирующего повреждения нейронных путей контроля этой рефлекторной реакции на уровне ствола мозга и мозжечка.

Для исключения возможности существенного влияния на показатели ОКН глазодвигательной реакции изменений в состоянии автономной нервной системы, одновременно с тестированием глазодвигательных реакций мы исследовали частоту сокращений сердца методом фотоплетизмографии. Результаты анализа ЧСС показали, что в процессе оптокинетической стимуляции, как у здоровых испытуемых, так и у больных РС, не предъявлявших субъективных жалоб на головокружение, усталость, регистрировался устойчивый ритм и достоверно не изменявшаяся частота сокращений сердца. В то же время оказалось, что частота сокращений сердца у больных РС была более высокой, чем у здоровых и составила  $84,6 \pm 2,1$  уд/мин и  $73,4 \pm 1,4$  уд/мин, соответственно. Данные об отсутствии существенных изменений частоты сокращений сердца у испытуемых во время тестирования дают основание считать, что у них не наблюдалось выраженных вегетативных реакций, которые могли бы оказать влияние на показатели ОКН-реакции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанные модели движений визуальных объектов на экране монитора и созданные для их реализации программные средства позволяют наблюдать и регистрировать у испытуемых в синхронном режиме с движением объектов раз-

личные воспроизводимые типы следящих движений глаз: фиксацию взора, рефлекторно-произвольные саккады, медленные и быстрые фазы оптокинетического нистагма. Это дает возможность моделировать условия, при которых во время выполнения определенного типа движений глаз создаются предпосылки для активации функций структур мозга, контролируемых выполняемые движения. Для дополнительной функциональной нагрузки на зрительный анализатор во время осуществления движений глаз разработана и применена визуальная помеха в виде движения полос на экране монитора [5, 8].

2. Фиксация взора у здоровых имеет устойчивый характер с амплитудой фиксационного тремора на ЭОГ 30–35 мкВ, частотой 90 Гц и сохраняется устойчивой у людей старших возрастных групп. У 61,3 % обследованных больных РС выявлено нарушение фиксации взора, проявляющееся девиацией глаз, спонтанным нистагмом, саккадическими колебаниями, микротремором [2, 7].

3. Произвольно-рефлекторные саккадические движения глаз осуществляются у обследованных здоровых испытуемых с латентным периодом  $315,0 \pm 47,1$  мс и длительностью фиксации взора в межсаккадический период  $320,8 \pm 24,9$  мс. Продолжительность этих показателей саккад увеличивается в условиях дополнительной функциональной нагрузки на зрительный анализатор. Длительность латентного периода и фиксации у больных РС составляет  $474,9 \pm 50,1$  мс и  $588,6 \pm 41,5$  мс, соответственно; отличие этих показателей саккад от саккад здоровых людей еще больше возрастает в условиях дополнительной функциональной нагрузки [1, 4, 6].

4. Оптокинетические движения глаз у здоровых испытуемых зависят по их частоте от частоты стимуляции; наибольшие значения средней частоты реакции ОКН у здоровых наблюдаются при частоте стимуляции 6 Гц, выше которой регистрируется порог оптокинетической усталости. Реакция ОКН у здоровых сохраняется устойчивой вплоть до пожилого возраста. Реакция ОКН при демиелинизации зависит от степени тяжести заболевания РС и характеризуется меньшими значениями достигаемых средней, максимальной частот и развитием порога оптокинетической усталости при более низких, чем у здоровых, частотах стимуляции [3, 5].

5. Наиболее информативными электроокулографическими показателями движений глаз, изменяющимися при демиелинизации и ее выраженности у больных РС, являются устойчивость фиксации взора, длительность латентного и фиксационных периодов саккадических движений глаз, частота ОКН реакции и оптокинетической усталости [1, 2, 3, 7].

6. Разработанный компьютеризированный метод регистрации электроокулографических показателей движений глаз, синхронизированной с регистрацией движений визуальных объектов, позволяет получать объективные воспроизводимые данные о состоянии нормальных и нарушенных функций глазодвигательной системы мозга у здоровых и больных людей. Его относительная простота, невысокая стоимость используемого оборудования, неинвазивность метода, отсутствие негативных побочных явлений в процессе исследования дают возможность рекомендовать его для широкого применения, как в исследовательских лабораториях, так и в клинической практике в качестве дополнительного метода диагностики демиелинизирующих заболеваний ЦНС [1, 2, 3, 5, 8].

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи в журналах**

1. Кубарко А.И., Колесникова М.Л., Кубарко Н.П. Характер саккадических движений глаз у здоровых и больных рассеянным склерозом // *Здравоохранение*. – 2003. – № 1. – С. 18–22.
2. Колесникова М.Л., Кубарко А.И., Кубарко Н.П. Состояние функции фиксации взора у здоровых испытуемых и больных рассеянным склерозом // *Белорусский медицинский журнал*. – 2005. – № 2. – С. 52–55.
3. Колесникова М.Л., Кубарко Ю.А. Показатели индуцированного и спонтанного нистагма глаз здоровых и больных рассеянным склерозом // *Медицинский журнал*. – 2005. – № 4. – С. 69–74.

### **Статьи в сборниках научных работ**

4. Колесникова М.Л., Кубарко А.И. Латентные периоды глазодвигательной реакции при различных условиях зрительной стимуляции // *Труды молодых ученых: Сб. науч. работ / Под общ. ред. С.Л. Кабака*. – Мн.: МГМИ, 2000. – С. 57–61.
5. Колесникова М.Л., Кубарко А.И. Возможности ЭОГ-оценки некоторых показателей функции глазодвигательного аппарата в условиях осуществления движений глаз по заданным программам. Предпотология: проблемы и решения. Сб. науч. трудов / Под ред. проф. С.М. Соколова, проф. В.П. Филонова, проф. В.И. Талапина, к.м.н. В.Г. Цыганкова. – Мн.: «Беларуская наука», 2000. – С. 286–300.
6. Колесникова М.Л. Латентные периоды глазодвигательной реакции при рассеянном склерозе. Актуальные вопросы медицины и новые технологии медицинского образования: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию образования ГГМИ (22–23 ноября 2000 г., г. Гомель): В 2 т. Т.1. – Мозырь: Издательский Дом «Белый ветер», 2000. – С. 329–331.
7. Колесникова М.Л., Кубарко Н.П., Кубарко А.И. Состояние функции фиксации взора у больных рассеянным склерозом // *Труды молодых ученых: Сб. науч. работ / Под общ. ред. С.Л. Кабака*. – Мн.: МГМИ, 2001. – С. 43–47.

### **Тезисные сообщения в научных сборниках**

8. Кубарко А.И., Колесникова М.Л., Кубарко Н.П., Ходасовская В.М. Возможности оценки некоторых показателей функций глазодвигательного аппарата при рассеянном склерозе в условиях осуществления движений глаз по заданным программам // *Рассеянный склероз: основы здоровья. Материалы конференции 15–17 июня 1999 г. Санкт-Петербург: ЛИКИ РОССИИ*. – С. 25–28.

## РЭЗІЮМЭ

### Калеснікава Марына Леанідаўна Ацэнка стану сэнсаматорных функцый зрокавага аналізатара метадам камп'ютэрнай электраакулаграфіі

**Ключавыя словы:** рух вачэй, электраакулаграфія, фіксацыя позірку, оптакінетычны ністагм, саккада, рассеяны склероз.

**Аб'ект і прадмет даследавання:** здаровыя выпрабавальныя розных узроставых груп, хворыя на рассеяны склероз, рух вачэй, сэнсаматорныя функцыі зрокавага аналізатара.

**Мэта работы:** вызначэнне найбольш інфарматыўных электраакулаграфічных паказчыкаў асноўных тыпаў рухаў вачэй чалавека для ацэнкі стану вокарухальных функцый мозгу.

**Метады даследавання:** мадэліраванне рухаў візуальных аб'ектаў, камп'ютэрызаваная электраакулаграфія, фотаплетызмаграфія, спецыяльныя метады расшыфроўкі і аналізу запісаных акулаграм.

**Выкарыстанная апаратура:** ўзмацняльнік біяэлектрычных патэнцыялаў «Bioelektric amplifier AB-60G» фірмы «Nihon kohden» (Японія), прыстасаванне для запісу TAR-1100 фірмы «Nihon kohden» (Японія), ПК РС-486, пакет арыгінальных праграм, АЦП, фотаплетызмаграф ФПГ-02 (Беларусь).

**Атрыманыя вынікі і іх навізна.** Распрацаваны і рэалізаваны комплексны арыгінальны падыход да ацэнкі функцыянальнага стану структур ЦНС, якія арганізуюць і кантралююць рухі вачэй. Распрацаваны і рэалізаваны комплекс праграмуемых камп'ютэрам рухаў візуальных аб'ектаў на экране манітора, назіранне за якімі дазваляе наглядаць у выпрабавальных асноўныя тыпы рухаў вачэй і па часавых, амплітудных і частотных паказчыках іх ажыццяўлення ацэньваць функцыянальны стан структур мозгу, якія кантралююць даследуемы тып рухаў. Распрацаваны візуальныя тэсты рознай складанасці і візуальныя перашкоды, прад'яўленне якіх дазволіла найтанчэй выявіць асаблівасці функцыянавання структур зрокавага аналізатара выпрабавальных. Праведзена даследаванне паказчыкаў асноўных тыпаў рухаў вачэй у здаровых выпрабавальных рознага ўзросту і на мадэлі дэміелізацыі сэнсарных і вокарухальных шляхоў зрокавага аналізатара ў хворых на рассеяны склероз. Атрыманы наступныя колькасныя паказчыкі: ўстойлівасці ўтрымання фіксаванага позірку; часавых затрат мозгу на правядзенне і апрацоўку візуальных сігналаў; праграміравання і ажыццяўлення саккадычных рухаў вачэй у кантралюемых умовах; залежнасці частаты цыклаў «павольнае адвядзенне – хуткае вяртанне» позірку ад частаты оптакінетычнага стымулявання.

**Ступень выкарыстання і рэкамендацыі па выкарыстанню.** Атрыманыя колькасныя паказчыкі асноўных тыпаў рухаў вачэй магчыма выкарыстоўваць як нарматыўныя; распрацаваныя метады магчыма выкарыстоўваць для рэгістрацыі і аналізу паказчыкаў рухаў вачэй у клінічных і лабараторных умовах, ацэнкі стану вокарухальных функцый мозгу і іх парушэнняў.

**Галіна прымянення:** нармальная фізіялогія, нейрафізіялогія, нейраафтальмологія, неўралогія.

## РЕЗЮМЕ

### **Колесникова Марина Леонидовна** **Оценка состояния сенсомоторных функций зрительного анализатора** **методом компьютерной электроокулографии**

**Ключевые слова:** движение глаз, электроокулография, фиксация взора, оптокинетический нистагм, саккада, рассеянный склероз.

**Объект и предмет исследования:** здоровые испытуемые различных возрастных групп, больные рассеянным склерозом, движение глаз, сенсомоторные функции зрительного анализатора.

**Цель работы:** определение наиболее информативных электроокулографических показателей основных типов движений глаз человека для оценки состояния глазодвигательных функций мозга.

**Методы исследования:** моделирование движений визуальных объектов, компьютеризированная электроокулография, фотоплетизмография, специальные методы расшифровки и анализа записанных окулограмм.

**Использованная аппаратура:** усилитель биоэлектрических потенциалов «Bioelektric amplifier AB-60G» фирмы «Nihon kohden», (Япония), записывающее устройство TAR-1100 фирмы «Nihon kohden», (Япония), ПК РС-486, пакет оригинальных программ, АЦП, фотоплетизмограф ФПГ-02 (Беларусь).

**Полученные результаты и их новизна.** Разработан и реализован комплексный оригинальный подход к оценке функционального состояния структур ЦНС, организующих и контролирующих движения глаз. Разработан и реализован комплекс программируемых компьютером движений визуальных объектов на экране монитора, слежение за которыми позволяет наблюдать у испытуемых основные типы движений глаз и по временным, амплитудным и частотным показателям их осуществления оценивать функциональное состояние структур мозга, контролирующих исследуемый тип движений. Разработаны визуальные тесты различной сложности и визуальные помехи, предъявление которых позволило более тонко выявлять особенности функционирования структур зрительного анализатора испытуемых. Проведено исследование показателей основных типов движений глаз у здоровых испытуемых различного возраста и на модели демиелинизации сенсорных и глазодвигательных путей зрительного анализатора у больных рассеянным склерозом. Получены количественные показатели: устойчивости удерживания фиксированного взора; временных затрат мозга на проведение и обработку визуальных сигналов, программирование и осуществление саккадических движений глаз в контролируемых условиях; показатели зависимости частоты циклов «медленное отведение – быстрый возврат» взора от частоты оптокинетического стимулирования.

**Степень использования и рекомендации по использованию.** Полученные количественные показатели основных типов движений глаз могут быть использованы как нормативные; разработанные методы могут быть использованы для регистрации и анализа показателей движений глаз в клинических и лабораторных условиях, оценки состояния глазодвигательных функций мозга и их нарушений.

**Область применения:** нормальная физиология, нейрофизиология, нейроофтальмология, неврология.

## SUMMARY

**Kolesnikova Marina Leonidovna**

### **The evaluation of the sensomotoric function of visual analyser state by the method of computer electrooculography**

**Key words:** eyes movements, electrooculography, gaze fixation, optokinetic nystagmus, saccades, multiple sclerosis.

**Object and subject of research:** healthy patients of different age groups, patients with multiple sclerosis, eyes movements, sensomotoric functions of the visual analyzer.

**Objective of research:** to determine more informative electrooculographic data of the basic types of humans eyes movements and to estimate the condition of the brain oculomotor functions.

**Methods used:** modeling the movements of visual objects, computerized electrooculography, photoplethysmography, special methods of decoding and analysis of the written oculograms.

**Apparatus used in the research:** amplifier of the bioelectric potentials «Bioelectric amplifier AB-60G» designed by «Nihon kohden», (Japan), TAR-1100 designed by «Nihon kohden», (Japan), PK RS-486, the packet of the original programs, ACP, photoplethysmograph FPG-02 (Belarus).

**Results obtained and novelty of research.** Original computer approach for evaluation of the functional condition of CNS structures which are responsible for the eyes movements is elaborated and realized. Complex of movements of the visual subjects on the screen which can be projected by computer have been worked by these movements give the possibility to observe the basic types of the patients eyes movements and evaluate the functional condition of the brain structures which are responsible for such type of motions. Visual tests of various complexity and visual hindrances of the patients visual functioning. Indexes of the major types of eyes movement age and on the model of demyelination of sensory and oculomotor tracts of visual analyzer in patients with multiple sclerosis were studied. Quantitative data: stable gaze fixation condition; true which the brain needs for transmission and processing of visual signals programming and realization of saccades eyes movements in the controlled conditions; indexes of the dependence of frequency cycles such as «slow lead – quick return» of look from frequency of optokinetic stimulation have been determined.

**Ways of and Recommendations on Application.** Quantitative data of the basic types of eyes movements may be used as standarts; developed methods may be used for registration and for analysis of eyes movements in clinical and laboratory conditions for evaluation of the brain oculomotor functions and their disturbance.

**Field of Application:** normal physiology, neurophysiology, neuroophthalmology, neurology.

Подписано в печать 03.05.06. Формат 60×84/16. Бумага писчая «КюмЛюкс».  
Печать офсетная. Гарнитура «Times».  
Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,52. Тираж 60 экз. Заказ 265.  
Издатель и полиграфическое исполнение –  
Белорусский государственный медицинский университет.  
ЛИ № 02330/0133420 от 14.10.2004; ЛП № 02330/0131503 от 27.08.2004.  
220030, г. Минск, Ленинградская, 6.