

## РЕАБИЛИТАЦИЯ ИНВАЛИДОВ С ПСИХОНЕВРОЛОГИЧЕСКИМИ И ЗРИТЕЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ

Габибов И.М.

*Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, ул. Бехтерева, 1, корп. 3, лит. Р, Санкт-Петербург, 192019, Российская Федерация*

### Резюме

**Введение.** Разработка инновационных технологий с использованием естественных воздействий или адаптация существующих методов реабилитации применительно к детям-инвалидам является задачей первостепенной важности. Известно, что развитие детского церебрального паралича и других нарушений мозга и зрения является результатом негативных воздействий на ребенка с момента зачатия и дальнейшего развития. Следует отметить, что такие нарушения как амблиопия, врожденная и приобретенная миопия разной степени тяжести, катаракта, глаукома, косоглазие, гиперметропия, врожденный и приобретенный нистагм могут иметь чисто нервную природу, хотя эти нарушения во многом связывают с работой мышц и относят к офтальмологии. Исследования, проведенные на высших животных, показали, что нейроны каждого уровня зрительной системы имеют свои определенные функциональные характеристики, отличные от характеристик нейронов других уровней зрительного анализатора. Нейроны сетчатки и подкорковых зон настроены на более высокочастотный спектр (1–15 цикл/угл.град и выше), чем нейроны затылочной и височно-теменных зон коры, которые настроены на низкочастотный спектр от 0,1 до 0,05 цикл/угл.град.

**Цель** – разработать методы ранней диагностики и лечения различных форм зрительных нарушений детей и взрослых.

**Материалы и методы.** Исследование, представленное в данной работе, состоит из трех частей. В первой части производился анализ соотношения альфа- и бета-ритмов электроэнцефалограммы при предъявлении решеток с разными пространственно-частотными составляющими. Во второй части исследования предъявление тех же пространственно-частотных решеток производилось в виде теста. В третьей части исследования представлены результаты, полученные при оценке уровня сохранности зрительной функции и восстановлении зрительной функции у пациентов с психоневрологическими и зрительными нарушениями.

**Результаты.** В первой части исследования установлено, что во всех случаях при миопии разной степени тяжести значение альфа-ритма снижено по сравнению с нормой. Статистический анализ по критерию Манна–Уитни показал достоверные различия между значениями альфа-ритма при миопии слабой степени и нормой ( $R = 0,2$ ;  $P < 0,05$ ). При миопии средней степени тяжести наблюдается снижение значения альфа-ритма в большей степени в проекционных областях – до 5–7% ( $R = 0,1$ ;  $P < 0,05$ ), чем в ассоциативных областях – до 10–15% ( $R = 0,2$ ;  $P < 0,05$ ). При миопии высокой степени наблюдается значительное снижение значения альфа-ритма в ассоциативных областях – до 1–7% ( $R = 0,07$ ;  $P < 0,05$ ), чем в проекционных областях – до 3–30% ( $R = 0,2$ ;  $P < 0,05$ ). В результате тестирования установлено, что при миопии слабой степени в основном страдает сетчатка, где уровень сохранности зрительной функции составляет 60%, соответственно для правого и левого глаза. Уровень сохранности зрительной функции в подкорковых зонах составляет около 65–70%, соответственно для правого и левого глаза, а в затылочной зоне – около 75% для обоих глаз при норме от 80%. При миопии средней степени уровень сохранности зрительной функции снижается. На уровне сетчатки – до 25%, в подкорковых зонах – до 20%, в затылочной коре – до 25–40%, в ассоциативных зонах – до 55–65%. При миопии высокой степени уровень сохранности зрительной функции снижается во всех зонах мозга и составляет на уровне сетчатки – около 40%, в подкорковых зонах – около 35%, а затылочной зоне – около 10–30%, соответственно для правого и левого глаза, а в ассоциативных зонах – 5–20%. Следует отметить, что результаты, полученные в этом исследовании, полностью соотносятся с результатами, полученными при регистрации электроэнцефалографии. Статистический анализ по критерию Фишера выявил достоверные различия положительного эффекта между первыми пятью сеансами – правый глаз – на 10% ( $P < 0,05$ ,  $U = 1,982$ ), левый глаз – на 12% ( $P < 0,05$ ,  $U = 2,194$ ) – и последующими сеансами – правый глаз – на 8,1% ( $P < 0,05$ ,  $U = 2,522$ ), левый глаз – на 12% ( $P < 0,05$ ,  $U = 2,358$ ). Следует отметить, что в процессе стимуляции происходит уравнивание уровня сохранности зрительной функции между глазами, тем самым полностью устраняются косоглазие и нистагм.

Габибов И.М. Реабилитация инвалидов с психоневрологическими и зрительными нарушениями // *Физическая и реабилитационная медицина*. – 2019. – Т. 1. – № 4. – С. 22-30. DOI: 10.26211/2658-4522-2019-1-4-22-30

Gabibov I.M. (2019) Rehabilitation of Disabled People with Psychoneurological and Visual Disorders. *Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 1, no. 4, pp. 22-30. (in Russian). DOI: 10.26211/2658-4522-2019-1-4-22-30

Габибов Исламамед Магамедович / Islamagomed M. Gabibov; email: igabibov@mail.ru

**Заклучение.** Полученные нами данные по апробации разработанных методов показали, что их использование позволяет получить устойчивый положительный терапевтический эффект и исключает побочные действия.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, гиперактивность, амблиопия, миопия, астигматизм, нистагм, косоглазие, зрение, восстановление, пространственно-частотные решетки, стимуляция, зоны мозга.

## REHABILITATION OF DISABLED PEOPLE WITH PSYCHONEUROLOGICAL AND VISUAL DISORDERS

Gabibov I.M.

*Research Institute for Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, Bekhtereva Street 1, building 3 R, St. Petersburg, 192019, Russian Federation*

### Abstract

**Introduction.** The development of innovative technologies, using natural influences or the adaptation of existing rehabilitation methods, as applied to children with disabilities, is a task of paramount importance. It is known that the development of cerebral paralysis and other disorders of the brain and vision is the result of negative effects on the child from the moment of conception and further development. It should be noted that such disorders as amblyopia, congenital and acquired myopia of varying severity, cataracts, glaucoma, strabismus, hyperopia and congenital and acquired nystagmus can be of a purely nervous nature, although these disorders are largely associated with muscle function and are referred to ophthalmology. Studies in higher animals have shown that neurons of each level of the visual system have their own specific functional characteristics, different from the characteristics of neurons of other levels of the visual analyzer. The neurons of the retina and subcortical zones are tuned to a higher frequency spectrum (1–15 cycles/angl.deg. and higher) than the neurons of the occipital and temporoparietal zones of the cortex, which are tuned to the low-frequency spectrum from 0.1 to 0.05 cycles/angl.deg.

**The aid** is to develop methods for the early diagnosis and treatment of various forms of visual impairment in children and adults.

**Materials and methods.** Based on these data, we have developed methods for the early diagnosis and treatment of various forms of visual impairment in children and adults. The study presented in this paper consists of three parts. In the first part, an analysis was made of the ratio of the alpha- and beta-rhythms of the electroencephalogram upon presentation of arrays with different spatial-frequency components. In the second part of the study, the presentation of the same spatial-frequency grids was carried out in the form of a test. The third part of the study presents the results obtained by assessing the level of preservation of visual function and restoration of visual function in patients with psychoneurological and visual disorders.

**Results.** It was found that in all cases with myopia of varying severity, the value of the alpha-rhythm is reduced in comparison with the norm. Statistical analysis by the Mann–Whitney test showed significant differences between the values of the alpha-rhythm in mild myopia and normal ( $R = 0.2$ ;  $P < 0.05$ ). With moderate myopia a decrease in the alpha rhythm is observed to a greater extent in projection areas – up to 5–7% ( $R = 0.1$ ;  $P < 0.05$ ) than in associative areas – up to 10–15% ( $R = 0.2$ ;  $P < 0.05$ ). With myopia of the high severity a significant decrease in the value of the alpha rhythm is observed in associative areas – up to 1–7% ( $R = 0.07$ ;  $P < 0.05$ ) than in projection areas – up to 3–30% ( $R = 0.2$ ;  $P < 0.05$ ). As a result, it was found that with mild myopia the retina mainly suffers, where the level of visual function is 60%, respectively, for the right and left eyes. The level of preservation of visual function in the subcortical zones is about 65–70%, respectively, for the right and left eyes, and in the occipital zone is about 75% for both eyes, in a norm of 80%. With moderate myopia the level of preservation of visual function decreases: in the level of the retina – up to 25%, in the subcortical zones – up to 20%, in the occipital cortex – up to 25–40% and in associative zones – up to 55–65%. In case of myopia of the high severity the level of preservation of visual function decreases in all areas of the brain and amounts to about 40% at the level of the retina, about 35% in the subcortical zones, and about 10–30% in the occipital region, respectively, for the right and left eyes, and in associative zones – 5–20%. It should be noted that the results obtained in this study are fully consistent with the results obtained during registration of the electroencephalogram. Statistical analysis by Fisher's test revealed significant differences in the positive effect between the first five sessions – right eye about 10% ( $P < 0.05$ ,  $U = 1,982$ ), left eye – about 12% ( $P < 0.05$ ,  $U = 2,194$ ) and subsequent sessions – right eye – about 8.1% ( $P < 0.05$ ,  $U = 2.522$ ), left eye – about 12% ( $P < 0.05$ ,  $U = 2.358$ ). It should be noted that in the process of stimulation the level of preservation of visual function between the eyes is equalized, thereby strabismus and nystagmus are completely eliminated.

**Conclusion.** Our data on the testing of the developed methods showed that their use allows to get a stable positive therapeutic effect and eliminates side effects.

**Keywords:** cerebral palsy, hyperactivity, amblyopia, myopia, astigmatism, nystagmus, strabismus, vision, recovery, spatial-frequency lattices, stimulation, brain zones.

## Введение

Известно, что развитие детского церебрально-го паралича (ДЦП) и других нарушений мозга и зрения является результатом негативных воздействий на ребенка с момента беременности и дальнейшего роста и развития. Установлено, что адресная стимуляция зрительно-чувствительных зон мозга с помощью решеток разной частоты приводит к улучшению зрения в среднем на 8–15% после каждых 5 процедур и устранению косоглазия и нистагма.

Разработка инновационных технологий с использованием естественных воздействий или адаптация существующих методов реабилитации применительно к детям-инвалидам является задачей первостепенной важности [1, 2, 6, 7]. Известно, что развитие ДЦП и других нарушений мозга и зрения могут быть результатом негативных воздействий на женщину с момента беременности. Такие эволюционно важные функции, как выживаемость организма или восстановление утраченных функций организма, обеспечивается способностью организма к функциональным и структурным перестройкам, а не за счет вовлечения резервов мозга, как это изначально предполагали в связи с ошибочным мнением о том, что в процессе жизни человек использует не более 10–15% возможностей мозга и в связи с этим располагает огромным резервом [4, 9]. На самом деле восстановление утраченных функций организма в процессе жизни обеспечивается способностью мозга к функциональным и структурным перестройкам. Установлено, что пластическим перестройкам может подвергаться не только развивающийся, но и сформировавшийся мозг [4]. При всех видах нарушений у детей-инвалидов важно сохранить зрение в процессе всей жизни. Для этого нужны современные неинвазивные высокоэффективные методы оценки и восстановления функций мозга и зрения без риска здоровью [1, 2, 6, 8]. Это особенно надо помнить, когда речь идет о детях-инвалидах.

В связи с этим на первый план выходит разработка методов и автоматизированных комплексов для ранней диагностики функционального состояния различных отделов головного мозга и зрительного анализатора, а также своевременного устранения выявленных нарушений. Следует отметить, что такие нарушения как амблиопия, врожденная и приобретенная миопия разной степени тяжести, катаракта, глаукома, косоглазие, гиперметропия, врожденный и приобретенный нистагм могут иметь чисто нервную природу, хотя эти нарушения во многом связывают с работой мышц и относят к офтальмологии [11].

Изучая механизмы работы головного мозга и организацию процесса переработки пространственной (зрительной) информации, мы решаем двуединую задачу. Зрительный анализатор может послужить тем ключом, посредством которого можно установить функциональное состояние различных отделов головного мозга, а также воздействовать на них.

Исследования, проведенные на хищных (*Felis domesticus*) и приматах (*Macaque rhesus*) показали, что нейроны каждой зрительно-чувствительной зоны мозга имеют свою пространственно-частотную настройку [3, 5, 6, 10]. На рисунке 1 представлены результаты этого анализа – нейроны на уровне сетчатки (а), наружного коленчатого тела (НКТ) (б), подушки зрительного бугра (Pulvinar) (в) и заднелатерального ядра таламуса (LP) (г) настроены на более высокочастотный спектр (1–15 цикл/угл.град и выше), чем нейроны затылочной (д) и височно-теменных зон коры (е, и), которые настроены на низкочастотный спектр – от 0,1 до 0,05 цикл/угл.град.

Таким образом, нейроны каждого уровня зрительной системы имеют свои определенные функциональные характеристики, отличные от характеристик нейронов других уровней зрительного анализатора [7]. Подобная организация нейронных сетей обеспечивает как лабильный характер протекания механизма объединения информации,

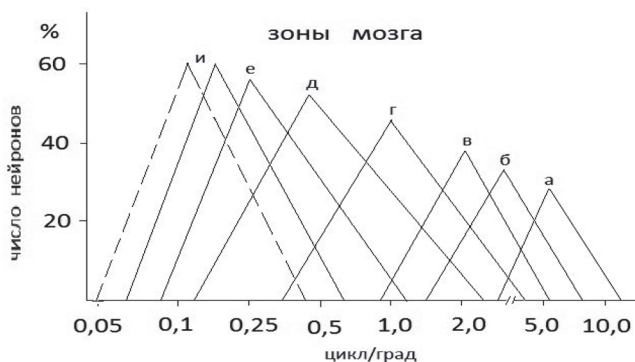


Рис. 1. Значения пространственных частот в различных зонах головного мозга.

*Примечание:* нейроны на уровне сетчатки (а), наружного коленчатого тела (НКТ) (б), подушки зрительного бугра (Pulvinar) (в), заднелатерального ядра таламуса (LP) (г), нейроны затылочной (д), височно-теменных зон коры (е, и)

Figure. 1. The values of spatial frequencies in different areas of the brain.

*Note:* the neurons at the retinal level (а), the external geniculate body (б), the pillows of the optic thalamus (Pulvinar) (в), posterolateral thalamic nuclei (LP) (г), neurons of the occipital (д), temporo-parietal areas of the cortex (е, и)

так и процесс переработки пространственной информации с вовлечением отдельных элементов, расположенных в различных структурах мозга.

На основе этих данных нами разработаны методы ранней диагностики и лечения различных форм зрительных нарушений детей и взрослых, которые направлены на изменение биоэлектрической активности нейронных систем мозга и зрительных центров – от сетчатки, подкорковых ядер, затылочной коры до ассоциативных областей коры больших полушарий мозга человека [1, 2, 8].

Необходимо отметить, что, несмотря на значительные успехи в современной нейрофизиологии, ее достижения неоправданно мало используются для решения проблем практической медицины, в частности, для диагностики и оценки функционального состояния зрительной системы, а также для лечения разных форм психоневрологических нарушений человека.

### Материалы и методы

Одним из доступных и объективных методов исследования функционального состояния различных отделов мозга и зрительной системы человека, который может лежать в основе создания таких устройств, является электроэнцефалограмма (ЭЭГ). Несмотря на то, что нет единого мнения относительно природы формирования различных ритмов ЭЭГ, данный метод может использоваться как при исследовании интактного мозга, так и в диагностике заболеваний различной природы. ЭЭГ позволяет не только выявить, но и локализовать очаг поражения (опухоли, инсульты, область повышенной судорожной активности, включая нарушения зрительных функций).

При диагностике мы основываемся на результатах исследования электрической активности (ЭЭГ) с помощью отведения от четырех зрительно-чувствительных зон мозга (затылочная кора правого и левого полушарий – ЗКП, ЗКЛ, заднетеменная кора правого и левого полушарий – ЗТКП, ЗТКЛ) при предъявлении специальных изображений на мониторе. Программное обеспечение автоматизированного комплекса обеспечивает одновременное предъявление изображений на одном мониторе и экспресс-обработку данных и управление параметрами стимуляции на другом мониторе. После регистрации ЭЭГ проводился анализ соотношения альфа- и бета-ритмов для всех четырех зон при монокулярной стимуляции. Стимулы состоят из разных пространственно-частотных решеток с синусоидальным распределением освещенности и отфильтрованных изображений с разными пространственно-частотными составляющими, направленных на активацию различных областей мозга и отделов зрительной системы [3, 4, 6–8].

Эти же стимулы использовались и при проведении психофизиологического исследования, направленного на оценку сохранности зрительной функции. В этом случае на экране монитора, отстоящем от глаз испытуемого на 1,5 м, предъявляются стимулы. Испытуемый, как только увидит появление решеток, должен нажимать на кнопку, после чего значения частот автоматически наносятся на график. После этого выдаются кривая сохранности зрительной функции, дифференциально для правого и левого глаз. Кривая сохранности зрительной функции используется нами как средство для установления функционального состояния зрительных центров и контроля за эффективностью лечения после каждых пяти сеансов и в отдаленный период после лечения.

Каждый из наборов отфильтрованных стимулов в совокупности содержит полный набор пространственных частот и по своим физическим характеристикам при стимуляции должен способствовать созданию устойчивого доминантного очага в нервных центрах и удовлетворять следующим требованиям. Они должны отличаться:

- 1) обеспечением повышенной возбудимости нейронных систем выделенного центра;
- 2) способностью вызвать длительные следовые процессы;
- 3) способностью вызвать в момент стимуляции сопряженное торможение в других центрах.

Разработанные нами стимулы полностью удовлетворяют этим требованиям и могут использоваться как при диагностике и лечении различных форм зрительных нарушений, так и для нормализации функционального состояния различных отделов головного мозга детей-инвалидов при ДЦП, гиперактивности, астигматизме, нистагме, косоглазии и других зрительных нарушениях.

Расстояние от глаз пациента до экрана монитора должно быть постоянным, но не менее 1,5 м. Для контроля за эффективностью лечения через каждые 5 сеансов проводили исследование сохранности зрительной функции. Когда кривая сохранности зрения переходит уровень 80% на графиках, зрение активности (ЭЭГ) зрительно-чувствительных зон коры при предъявлении соответствует единице. В обследовании участвовало 38 человек: из них 7 детей офтальмологически здоровых (норма), 15 детей с диагностированной миопией разной степени тяжести и астигматизмом, 16 детей с психоневрологическими и зрительными нарушениями. Из них с диагнозами «ДЦП» – 4 человека, «Гиперактивность» – 5 человек, «Косоглазие» – 2 человека, с нарушениями зрения различной степени тяжести – 4 человека; из них 1 ребенок с диагнозом «Двусторонняя наследственная атипичная катаракта, нистагм, послеоперационная афакия



(OD, OS), бельмо роговицы (OD), микрофтальм, синдром Петерсона (OS)» и нистагм – 1 человек.

**Результаты.** В первой части исследования производилась регистрация электрической активности пространственно-частотных решеток с указанными выше значениями. Реакцию мозга при этом оценивали по соотношению альфа- и бета-ритмов в ЭЭГ за время предъявления стимула испытуемым в норме (офтальмологически здоровым детям) и с миопией разной степени тяжести. В данной работе анализ результатов по полушариям не представлен, поскольку не выявлено межполушарных различий.

В результате установлено, что у испытуемых при стимуляции левого и правого глаз в норме соотношение значений альфа- и бета-ритмов ЭЭГ, при стимуляции правого глаза (П) составили: в ЗКП – в пределах 30–45%; при стимуляции левого глаза (Л) в ЗКЛ – 25–40%; в ЗТКП уровень альфа-ритма – 20–30%, а бета-ритма – 30–42%; в ЗТКЛ уровень альфа-ритма – 22–35%, а бета-ритма – 30–40%.

При миопии слабой степени в ЗКП уровень альфа-ритма составил 15–25%, а бета-ритма – 35–55%; в ЗКЛ уровень альфа-ритма – 15–25%, а бета-ритма – 40–55%; в ЗТКП уровень альфа-ритма – 18–25%, а бета-ритма – 38–65%; в ЗТКЛ уровень альфа-ритма – 19–27%, а бета-ритма – 36–50%.

При миопии средней степени в ЗКП уровень альфа-ритма составил 5–15%, а бета-ритма 40–60%; в ЗКЛ уровень альфа-ритма – 5–20%, а бета-ритма – 45–70%; в ЗТКП уровень альфа-ритма – 8–30%, а бета-ритма – 30–60%; в ЗТКЛ уровень альфа-ритма – 10–40%, а бета-ритма – 40–60%.

При миопии высокой степени тяжести в ЗКП уровень альфа-ритма составил 5–35%, а бета-ритма – 35–55%; в ЗКЛ уровень альфа-ритма – 2–25%, а бета-ритма – 40–70%; в ЗТКП уровень альфа-ритма – 1–5%, а бета-ритма – 50–80%; в ЗТКЛ уровень альфа-ритма – 1–7%, а бета-ритма – 40–70%.

В результате установлено, что во всех случаях при миопии разной степени тяжести значение альфа-ритма снижено по сравнению с нормой. При миопии слабой степени тяжести наблюдается снижение значения альфа-ритма в проекционных и ассоциативных областях примерно одинаково – до 15–20%. Статистический анализ по критерию Манна–Уитни показал достоверные различия между значениями альфа-ритма при миопии слабой степени и нормой ( $R = 0,2$ ;  $P < 0,05$ ). При миопии средней степени тяжести наблюдается снижение значения альфа-ритма в большей степени в проекционных областях – до 5–7% ( $R = 0,1$ ;  $P < 0,05$ ), чем в ассоциативных областях – до 10–15% ( $R = 0,2$ ;  $P < 0,05$ ). При миопии высокой степени наблюдается значительное снижение значения альфа-рит-

ма в ассоциативных областях – до 1–7% ( $R = 0,07$ ;  $P < 0,05$ ), чем в проекционных областях – до 3–30% ( $R = 0,2$ ;  $P < 0,05$ ).

Во второй части исследования предъявление тех же пространственно-частотных решеток производилось в виде теста. При этом на экране монитора, отстоящем от глаз испытуемого на 1,5 м, предъявление решеток производилось с постепенно нарастающим контрастом. Испытуемый, как только заметит частотный спектр решетки, должен нажимать кнопку. Значения частот автоматически наносятся на график – кривую сохранности зрительной функции. Так процедура повторяется для всех 8 решеток. Эта же процедура в дальнейшем использовалась для оценки функционального состояния различных центров мозга (а–и), в норме и с миопией разной степени тяжести.

Результаты данного исследования представлены на рисунке 2. Как показано на этом рисунке, при миопии слабой степени тяжести (сл. ст.) в основном страдает сетчатка (а), где уровень сохранности зрительной функции составляет – 60%, соответственно для правого и левого глаз. Уровень сохранности зрительной функции в подкорковых зонах (б, в) составляет около 65–70%, соответственно для правого и левого глаз, а в затылочной зоне (в–д) – около 75% для обоих глаз при норме от 80%.

При миопии средней степени (ср. ст.) уровень сохранности зрительной функции снижается – на уровне сетчатки – до 25%, в подкорковых зонах – до 20%, в затылочной коре – до 25–40%, в ассоциативных зонах (е, и) – до 55–65%.

При миопии высокой степени (выс. ст.) уровень сохранности зрительной функции снижается во всех зонах мозга и составляет на уровне сетчатки – около 40%, в подкорковых зонах – около 35%, в затылочной зоне – около 10–30%, соответственно для правого и левого глаза, а в ассоциативных зонах – 5–20%.

Следовательно, при миопии слабой степени в основном страдает сетчатка и подкорковая зона, при миопии средней степени в основном страдают затылочная и подкорковая зоны, а при миопии высокой степени в основном страдают ассоциативные зоны мозга. Следует отметить, что результаты, полученные в этом исследовании, полностью соотносятся с результатами, полученными при регистрации ЭЭГ.

В третьей части исследования представлены результаты, полученные при оценке уровня сохранности зрительной функции (диагностика) и восстановлении зрительной функции у пациентов с психоневрологическими и зрительными нарушениями при предъявлении тех же пространственно-частотных решеток, которые использовались в предыдущих исследованиях.

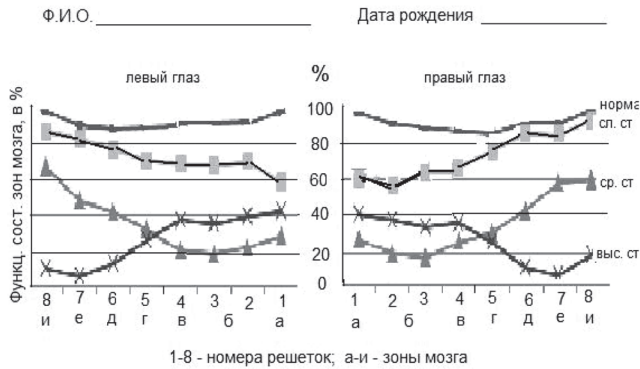


Рис. 2. Графики функционального состояния различных зон мозга человека при миопии разной степени тяжести при предъявлении пространственно-частотных решеток с синусоидальным распределением освещенности. Обозначения: 1–8 (номера решеток) – значения пространственно-частотных решеток с синусоидальным распределением освещенности (1 – самая высокочастотная; 8 – самая низкочастотная); нейроны на уровне сетчатки (а), наружного коленчатого тела (НКТ) (б), подушки зрительного бугра (Pulvinar) (в), заднелатерального ядра таламуса (LP) (г), нейроны затылочной (д), височно-теменных зон коры (е, и)

Figure 2. Graphs of the functional state of the different areas of the human brain by myopia of varying severity when show spatial-frequency grids with a sinusoidal distribution of illumination. Table of symbols: 1–8 (grid numbers) are the values of spatial-frequency grids with a sinusoidal distribution of illumination (1 – the highest frequency; 8 – the lowest frequency); the neurons at the retinal level (а), the external geniculate body (б), the pillows of the optic thalamus (Pulvinar) (в), posterolateral thalamic nuclei (LP) (г), neurons of the occipital (д), temporo-parietal areas of the cortex (е, и)

Результаты диагностики и восстановления зрения в виде кривых сохранности зрительной функции у пациента с миопией средней степени тяжести с диагнозом «ДЦП» продемонстрированы на рисунке 3. На этом рисунке представлены кривые сохранности зрительной функции за каждые пять сеансов стимуляции.

Уровень сохранности зрительной функции у данного пациента до начала процедуры восстановления (№ 0) составил: на уровне сетчатки при стимуляции правого глаза около 50%; левого глаза – 40%; на уровне подкорковых зон – около 37% при стимуляции правого глаза и 25% – левого глаза; на уровне затылочной зоны – около 30% при стимуляции правого глаза и 50% – левого глаза; на уровне ассоциативных зон коры – около 54–60% при стимуляции правого глаза и около 50–70% – левого глаза. Следует отметить, что при увеличении разницы уровня сохранности зрительной функции между глазами, как и при астигматизме, у детей наблюдается косоглазие.

Результаты исследования после 5 сеансов представлены в виде кривой сохранности зрительной функции на среднем графике (№ 5). Как видно из этого графика, после 5 сеансов изменения в сторону улучшения функционального состояния примерно на 10–12% наблюдается во всех обследуемых зонах мозга. Результаты исследования после следующих 5 сеансов представлены на верхнем графике (№ 10). Как видно на графике, после следующих 5 сеансов кривая сохранности зрительной функции повышается еще на 10–17%. Следовательно, за 10 сеансов стимуляции мозга уровень сохранности зрительной функции повышается на 20–30%.



Рис. 3. Кривая сохранности зрительной функции при ДЦП за каждые 5 сеансов.

Обозначения: № – количество сеансов. Нижний график – уровень сохранности зрительной функции до начала тестирования (0), последующие графики – после каждых 5 сеансов; нейроны на уровне сетчатки (а), наружного коленчатого тела (НКТ) (б), подушки зрительного бугра (Pulvinar) (в), заднелатерального ядра таламуса (LP) (г), нейроны затылочной (д), височно-теменных зон коры (е, и)

Fig. 3. The graphs of the preservation of visual function in cerebral palsy for every 5 sessions.

Symbols: No. – number of the sessions. The bottom graph describes the level of visual function safety before testing (0), the subsequent graphs – after every 5 sessions; the external geniculate body (б), the pillows of the optic thalamus (Pulvinar) (в), posterolateral thalamic nuclei (LP) (г), neurons of the occipital (д), temporo-parietal areas of the cortex (е, и)

Результаты исследования изменения функционального состояния зрительно-чувствительных зон мозга у детей-инвалидов с другими неврологическими заболеваниями представлены в виде таблицы.

Как следует из таблицы, при всех указанных заболеваниях наблюдается повышение уровня сохранности зрительной функции примерно на 10–15% за каждые 5 сеансов стимуляции №№ 5–20.

Статистический анализ по критерию Фишера выявил достоверные различия положительного эффекта между первыми пятью и последующими сеансами при ДЦП в среднем – пг на 31% ( $P < 0,05$ ,

$U = 1,982$ ), лг – на 35% ( $P < 0,05$ ,  $U = 2,194$ ), при гиперактивности в среднем пг – на 30,1% ( $P < 0,05$ ,  $U = 2,522$ ), лг – на 27% ( $P < 0,05$ ,  $U = 2,358$ ). Методы являются индивидуальными, усреднение результатов снижает наглядность результатов каждого испытуемого.

Следует отметить, что в процессе стимуляции происходит уравнивание уровня сохранности зрительной функции между глазами, тем самым полностью устраняются косоглазие и нистагм. Результатом стимуляции глазодвигательных зон мозга ребенка является устранение косоглазия (рис. 4).

Таблица / Table

**Динамика изменения функционального состояния зрительно-чувствительных зон мозга у детей-инвалидов с психоневрологическими и зрительными нарушениями после каждых 5 стимуляций (в %)**

**Dynamics of changes in the functional state of the visually sensitive areas of the brain in children with disabilities with neuropsychiatric and visual impairment after every five stimulations (%), RE – right eye, LE – left eye**

| Зоны мозга / Brain areas   | №  | а        |          | б        |          | в        |          | г        |          | д        |          | е        |          | и        |          |
|--|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  |    | Пг<br>RE | Лг<br>LE | Пг<br>RE | Лг<br>LE | Пг<br>RE | Лг<br>LE | Пг<br>RE | Лг<br>LE | Пг<br>RE | Лг<br>LE | Пг<br>RE | Лг<br>LE | Пг<br>RE | Лг<br>LE |
| Диагноз / Diagnosis<br>ДЦП / Cerebral palsy  | 0  | 6        | 92       | 3        | 80       | 15       | 74       | 10       | 79       | 9        | 79       | 10       | 80       | 34       | 70       |
|  | 5  | 19       | 95       | 32       | 85       | 39       | 83       | 51       | 88       | 40       | 89       | 67       | 70       | 79       | 85       |
|  | 10 | 40       | 98       | 50       | 89       | 50       | 90       | 61       | 90       | 60       | 90       | 80       | 95       | 85       | 96       |
|  | 15 | 61       | 97       | 62       | 90       | 76       | 88       | 73       | 91       | 80       | 92       | 85       | 93       | 87       | 95       |
|  | 20 | 79       | 98       | 80       | 92       | 86       | 91       | 88       | 90       | 89       | 93       | 90       | 94       | 91       | 96       |
| Гиперактивность<br>Hyperactivity   | 0  | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 7        | 2        | 1        | 9        | 21       | 11       | 60       | 31       | 70       |
|  | 5  | 69       | 70       | 61       | 59       | 59       | 50       | 42       | 49       | 47       | 60       | 50       | 59       | 60       | 90       |
|  | 10 | 88       | 80       | 79       | 70       | 78       | 64       | 76       | 71       | 60       | 69       | 70       | 78       | 85       | 92       |
|  | 15 | 95       | 92       | 94       | 88       | 82       | 80       | 80       | 81       | 89       | 85       | 90       | 90       | 97       | 98       |
| Миопия<br>выс. ст. тяжести<br>Myopia of the high<br>degree                                 | 0  | 1        | 1        | 1        | 2        | 2        | 1        | 1        | 1        | 1        | 2        | 2        | 1        | 11       | 12       |
|  | 5  | 50       | 40       | 40       | 30       | 43       | 47       | 31       | 41       | 35       | 41       | 42       | 31       | 46       | 40       |
|  | 10 | 74       | 72       | 60       | 62       | 62       | 49       | 61       | 53       | 61       | 59       | 56       | 59       | 92       | 80       |
| Катаракта + пг<br>синдром Петерсона<br>Cataract + Peterson<br>syndrome of the<br>right eye | 0  | 1        | 40       | 1        | 36       | 1        | 30       | 1        | 40       | 1        | 31       | 5        | 29       | 1        | 38       |
|  | 5  | 1        | 60       | 1        | 55       | 1        | 56       | 1        | 50       | 1        | 43       | 1        | 52       | 1        | 63       |
|  | 10 | 1        | 86       | 1        | 74       | 1        | 70       | 1        | 78       | 1        | 65       | 1        | 68       | 1        | 82       |
| Нистагм<br>Nystagmus   | 0  | 2        | 4        | 1        | 3        | 2        | 3        | 3        | 7        | 8        | 11       | 12       | 15       | 15       | 13       |
|  | 5  | 10       | 10       | 11       | 9        | 10       | 10       | 11       | 12       | 10       | 10       | 20       | 18       | 19       | 20       |
|  | 10 | 11       | 12       | 11       | 10       | 10       | 12       | 18       | 12       | 20       | 18       | 20       | 28       | 45       | 44       |
|  | 15 | 11       | 12       | 12       | 12       | 11       | 12       | 16       | 17       | 53       | 40       | 50       | 53       | 70       | 45       |
| Косоглазие<br>Strabismus   | 0  | 65       | 40       | 67       | 45       | 68       | 47       | 70       | 52       | 71       | 68       | 70       | 65       | 72       | 68       |
|  | 5  | 82       | 87       | 77       | 70       | 74       | 75       | 71       | 70       | 80       | 70       | 85       | 78       | 95       | 85       |
|  | 10 | 90       | 88       | 78       | 80       | 80       | 78       | 79       | 73       | 80       | 76       | 87       | 80       | 95       | 89       |
|  | 20 | 91       | 89       | 81       | 82       | 80       | 81       | 80       | 85       | 82       | 81       | 88       | 82       | 84       | 92       |



Рис. 4. Результат устранения косоглазия при стимуляции глазодвигательных зон мозга  
 Fig. 4. The result of eliminating of the strabismus during stimulation of the oculomotor zones of the brain

### Обсуждение

Нейрофизиологические и морфологические исследования последних лет со всей очевидностью показали, что зрительная система состоит из множества упорядоченных дискретных элементов, разбивающих изображение на отдельные составляющие. Также установлено, насколько такая упорядоченная система может быть пластичной [4, 7]. Функциональные перестройки, наблюдаемые в нейронных сетях, являются важным свойством нервной системы как в организации процесса переработки пространственной информации от сетчатки до высших отделов коры, так и приспособительной реакции организма к изменяющимся условиям внешней среды. Именно это свойство нервной системы обеспечивает восстановление в процессе тренировок (активации различных уровней зрительной системы путем предъявления стимулов, содержащих разные спектральные и пространственно-частотные составляющие), нарушенных зрительных функций. Еще надо учесть способность нервной системы к функциональным и морфологическим перестройкам, то есть возможность формирования новых функциональных связей, особенно если речь идет о развивающемся мозге. У детей нервная система может подвергаться более значительным перестройкам, чем у взрослых [1–3].

Известно, что центральное представительство фовеа сетчатки, то есть система X-клеток, обеспечивает высокую разрешающую способность клеток НКТ и стриарной коры. С переходом к периферии поля зрения, к системе Y- и W-клеток обеспечивается передача низкочастотной информации через ассоциативные ядра таламуса (заднелатеральное ядро и пульвинар – подушка зрительного бугра) к теменным ассоциативным областям коры. Зрительная ассоциативная кора является тем уровнем зрительной системы, где формируется целостное поле зрения, следовательно, на нейроны этой области поступает информация со всего поля зрения [1–5]. Установлено, что нейроны высших областей зрительной системы настроены на более низкие пространственные частоты, чем нейроны стриарной коры [5–10]. Таким образом, получен инструмент для диагностики и локализации возникшего патологического процесса как в оптике глаза, так и в зрительном анализаторе в целом.

Существующие методы лечения (медикаментозные и хирургические) не позволяют непосредственно воздействовать на центральные механизмы протекания патологического процесса. В этом случае коррекция достигается путем «подстраивания» периферического аппарата. В отличие от других методов, использование специальных наборов стимулов исключает возможность отрицательного действия.

При предъявлении данных стимулов на уровне коры создается доминантный (господствующий) очаг возбуждения, предопределяющий характер текущих реакций нейронов в момент стимуляции. Такой господствующий центр может вызвать на различных этапах центральной нервной системы, при достаточно длительном действии стимулов, активацию целого созвездия соностроенных нейронов, работающих на единый ритм активности.

### Заключение

Полученные нами данные по апробации разработанных методов диагностики и биокоррекции зрительных нарушений различной этиологии показали, что их использование позволяет получить устойчивый положительный терапевтический эффект и исключает побочные действия.

Использование результатов научных исследований относительно структурно-функциональной организации нейронных систем, участвующих в процессе переработки пространственной (зрительной) информации, полученных за последние годы, в комплексе с некоторыми диагностическими методами в дальнейшем позволит значительно улучшить диагностику и эффективность лечения у детей-инвалидов, а также взрослых с различного рода психоневрологическими и зрительными заболеваниями.

**Этика публикации:** Представленная статья ранее опубликована не была. Исследования не ущемляли права и не подвергали опасности испытуемых и осуществлялись с информационного согласия самих пациентов, их родителей или опекунов согласно Приказам Минздрава Российской Федерации № 266-ФЗ от 19.06.2003 г. и № 323-ФЗ от 25.11.2011 г., а также соответствовали этическим нормам, предусмотренным Хельсинкской декларацией 2000 г.

**Конфликт интересов:** Информация о конфликте интересов отсутствует.

**Источник финансирования:** Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Литература

1. Габибов И.М. Способ диагностики и немедикаментозного лечения различных форм зрительных нарушений человека // Патент на изобретение № 2219832. – Бюл. № 36. – 2002. – 1-42.



2. Габибов И.М. Приборный комплекс для выявления различных форм зрительных нарушений человека и восстановления функций зрительной системы // Патент на полезную модель № 41610. – Бюл. № 31. – 2004. – С. 1-13.
  3. Габибов И.М. Межполушарная асимметрия и структурные основы межнейронной интеграции. ISBN: 978-3-659-44202-5, Изд-во Lambert Academi Publishing, Германия, – 2013. – 265 с.
  4. Габибов И.М. Интегративная деятельность и пластичность в нейронных сетях таламопариетальной системы мозга человека и животных. “Изд-во: Супер-издатель”, Санкт-Петербург. – 2017. – 236 с.
  5. Габибов И.М., Байло Л.Д. Пространственно-частотные характеристики рецептивных полей нейронов 21 поля зрительной коры кошки // Физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1992. – Т. 78, № 5. – С. 1-8.
  6. Габибов И.М., Пириева Т.Г., Лобанова Ж.В., Бабушкин В.И. Новые методы диагностики и биокоррекции функциональных расстройств различных отделов головного мозга и зрительной системы. В сб. “Решение проблемы обеспечения химической безопасности в Российской Федерации” /Под. ред. доктора мед. наук, проф. В.Р. Рембовского. СПб. – 2012. – С. 173 – 185.
  7. Габибов И.М., Сибаров Д.А., Середкин Ю.А. Способ оценки функционального состояния головного мозга человека. Патент на изобретение №2563371RU. М. – 2015. – С. 11.
  8. Габибов И.М., Гусейнов Г.М. В сб: Реабилитация – XXI веке: Традиции и инновации. Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта, СПб. – 2018. – С. 126-128.
  9. Габибов И.М., Хачатурова Э.В. Мозг и психическая деятельность. 2019. Изд-во «ИП Селезнев Г.П.». Санкт-Петербург, – 2019. – 154 с.
  10. Gabibov I.M., Baulo L.D. Spatial-frequency characteristics of neurons receptive fields in area 21 of cat visual cortex/ Perception. – 1991. – Vol. 2, № 1. – P. 105-106.
  11. Gabibov I.M. Effect of psychoemotional state, stress, anxiety and fear in the development of the brain and organism as a whole. In mat. XIII International interdisciplinary congress “Neuroscience for medicine and psychology”. Sudak, Crimea. RU. – 2017. – P. 120.
- References**
1. Gabibov I.M. (2002) Sposob diagnostiki i nemedikamentoznogo lecheniya razlichnyh form zritel'nyh narushenij cheloveka [A method for the diagnosis and non-drug treatment of various forms of visual disturbances of a person]. Patent for invention no. 2219832. Moscow. Bull. no 36. pp. 1-42. (In Russian).
  2. Gabibov I.M. (2004) Pribornyj kompleks dlya vyyavleniya razlichnyh form zritel'nyh narushenij cheloveka i vosstanovleniya funkcij zritel'noj sistemy [Instrument complex for detecting various forms of visual disturbances of a person and restoration of the functions of the visual system]. Patent for invention no 41610. Moscow. Bull. no 31. pp. 1-13. 2563371RU. (In Russian).
  3. Gabibov I.M. (2013) Mezhpolusharnaya asimmetriya i strukturnye osnovy mezhneironnoj integracii [Interhemispheric asymmetry and structural foundations of interneuronal integration]. ISBN: 978-3-659-44202-5, Lambert Academic Publishing, Germany, – 2013. – 265 p. (In Russian).
  4. Gabibov I.M. (2017) Integrativnaya deyatelnost' i plastichnost' v neyronnyh setyah talamoparietal'noj sistemy mozga cheloveka i zhivotnyh [Integrative activity and plasticity in the neural networks of the thalamoparietal system of the brain of humans and animals]. Publishing House: «Super-Publisher», Sankt-Peterburg, 236 p. (In Russian).
  5. Gabibov I.M., Bajlo L.D. (1992) Prostranstvenno-chastotnye harakteristiki receptivnyh polej neironov 21 polya zritel'noj kory koshki [Spatial-frequency characteristics of receptive fields of neurons 21 fields of the visual cortex of a cat]. *Fiziol. journal them. I.M. Sechenova*. vol. 78, no. 5. p. 1-8. (In Russian).
  6. Gabibov I.M., Pirieva T.G., Lobanova Zh.V., Babushkin V.I. (2012) Novye metody diagnostiki i biokorrekcii funkcional'nyh rasstrojstv razlichnyh otdelov golovnogogo mozga i zritel'noj sistemy [New methods for the diagnosis and biocorrection of functional disorders of various parts of the brain and visual system]. On Sat “The solution to the problem of ensuring chemical safety in the Russian Federation”. Under. ed. doctors honey. sciences, prof. V.R. Rembovsky. Saint- Petersburg, pp. 173 - 185. (In Russian).
  7. Gabibov I.M., Sibarov D.A., Seredkin Yu.A. (2015) Sposob ocenki funkcional'nogo sostoyaniya golovnogogo mozga cheloveka [A method for assessing the functional state of the human brain]. Patent for invention no 2563371RU. Moscow, p. 11. (In Russian).
  8. Gabibov I.M., Gusejnov G.M. (2018) V sb: Reabilitaciya – XXI veke: Tradicii i innovacii [Sat: *Rehabilitation - XXI Century: Traditions and Innovations*]. Federal Scientific Center for the Rehabilitation of Persons with Disabilities named after G.A. Albrehta, p. 126-128. (In Russian).
  9. Gabibov I.M., Hachaturova E.V. (2019) Mozg i psicheskaya deyatelnost' [Brain and mental activity]. Publishing House “IP Seleznev G.P.” Saint-Petersburg, 154 p. (In Russian).
  10. Gabibov I.M., Baulo L.D. (1991) Spatial-frequency characteristics of neurons receptive fields in area 21 of cat visual cortex/ Perception. vol. 2, no 1. p. 105-106.
  11. Gabibov I.M. (2017) Effect of psychoemotional state, stress, anxiety and fear in the development of the brain and organism as a whole. In mat. XIII International interdisciplinary congress “Neuroscience for medicine and psychology”. Sudak, Crimea. RU. p. 120.

Рукопись поступила / Received: 14.05.2019

Принята в печать / Accepted for publication: 12.09.2019

#### Автор

Габибов Исламагомед Магомедович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник ФГУП «НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства (ФМБА России), ул. Бехтерева, 1, корп. 3, лит. Р, Санкт-Петербург, 192019, Российская Федерация, тел.: +7 (921) 577-75-67, e-mail: igabibov@mail.ru

#### Author

Gabibov Islamagomed Magomedovich, Grand PhD in Biological sciences, senior researcher, Research Institute for Human Hygiene, Occupational Pathology and Ecology of Federal Medical and Biological Agency, Bekhtereva Street 1, building 3 R, St. Petersburg, 192019, Russian Federation. Tel.: +7 (921) 577-75-67; e-mail: igabibov@mail.ru