

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ПРИ ПАТОЛОГИИ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА У ДЕТЕЙ (обзор)¹

*Р.Н. Зеленцов** ORCID: [0000-0002-4875-0535](https://orcid.org/0000-0002-4875-0535)

*Л.В. Поскотинова*** ORCID: [0000-0002-7537-0837](https://orcid.org/0000-0002-7537-0837)

*Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)

**Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук
(г. Архангельск)

Анализ научных достижений отечественных и зарубежных авторов в области применения метода зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) в практической современной офтальмологии показывает значимость данного метода для уточнения физиологических и патофизиологических процессов в системе зрительного анализатора. Представленные данные свидетельствуют о важности определения вызванных потенциалов для диагностики и оценки качества лечения при патологии зрительного анализатора – глаукоматозном процессе, невритах зрительного нерва, при дифференциальной диагностике ретробульбарных невритов и патологии проводящих путей зрительного тракта. Особый акцент в обзоре сделан на значимости применения метода ЗВП у лиц, проживающих в условиях Арктической зоны Российской Федерации. Широкое внедрение метода ЗВП у пациентов с амблиопией поможет своевременной диагностике и прогнозу данной патологии у лиц, проживающих на территории Арктической зоны РФ. Являясь сложной по своим патофизиологическим механизмам аномалией, амблиопия остается до конца не изученной патологией. Выполнение исследования ЗВП у пациентов с амблиопией, проживающих под действием неблагоприятных климатогеографических факторов Арктической зоны РФ, позволит выявить механизмы возрастного формирования зрительного анализатора, проводящих путей и его центральных отделов, установить предрасполагающие факторы к формированию амблиопий у детей дошкольного возраста, определить нарушения проводимости сигнала от зрительного анализатора, а также изменения в работе коркового анализатора. Весьма актуальными для современной практической и теоретической офтальмологии следует признать исследования, направленные на выявление возможных закономерностей структурно-функциональных отклонений при амблиопии у детей до и после терапии. Учитывая высокую медико-социальную значимость заболевания амблиопией у детей дошкольного возраста, необходимо дальнейшее исследование у них ЗВП для уточнения патофизиологических особенностей развития данного состояния.

Ключевые слова: зрительные вызванные потенциалы, амблиопия, косоглазие, детская офтальмология.

¹Фрагмент работы выполнен в рамках ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН, № АААА-А19-119120990083-9.

Ответственный за переписку: Зеленцов Роман Николаевич, адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 51; e-mail: zelentsovrn@gmail.com

Для цитирования: Зеленцов Р.Н., Поскотинова Л.В. Перспективы использования метода зрительных вызванных потенциалов при патологии зрительного анализатора у детей (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 3. С. 285–295. DOI: 10.37482/2687-1491-Z020

Нейрофизиологические исследования с применением вызванных потенциалов (ВП) церебральной активности показали, что ВП определенной модальности представляют собой весьма стабильный феномен, хорошо сохраняющий свои формальные и количественные характеристики при повторных исследованиях [1]. Методика выполнения и регистрации ВП неинвазивна, является относительно недорогой и может быть рекомендована для скрининговых обследований как взрослых, так и детей, что и послужило основанием для широкого использования данного метода. ВП – это биоэлектрические сигналы, которые появляются с постоянными временными интервалами после определенных внешних воздействий. Биоэлектрические ответы головного мозга на стимулы оценивают по изменению основных параметров ВП – амплитуды и латентности различных компонентов ответа [2–4].

Для большинства ВП известна локализация мест генерации каждого из компонентов. Коротколатентные (до 50 мс) волны генерируются на уровне рецепторов и стволовых ядер, среднелатентные (50–150 мс) – на уровне корковых проекций анализатора. Генерация компонентов латентностью 200 мс и более коррелирует с активностью таламуса и ствола мозга [5].

Обычно зрительные вызванные потенциалы (ЗВП) регистрируются как вспышечные (ВЗВП – в ответ на светодиодную вспышку) и как паттернзрительные (ПЗВП – в ответ на реверсивный шахматный паттерн). ВЗВП отличаются большей вариабельностью и в связи с этим имеют ограниченную область применения. Регистрация ВЗВП актуальна для детей раннего возраста, поскольку они не могут длительное время концентрировать внимание и фиксировать взор. Этот метод также используется у пациентов с низкой остротой зрения [6]. ВЗВП являются ответом колбочковой системы сетчатки и содержат ранние (до 150 мс) и поздние (свыше 150 мс) компоненты, негативные (N) и позитивные (P) пики [7].

Метод ЗВП применяется в клинической практике у пациентов с патологией зрительного

нерва. Исследование ЗВП может быть востребовано при оценке динамики глаукоматозного процесса, папиллитах, при дифференциальной диагностике ретробульбарных невритов и патологии проводящих путей зрительного тракта [8]. Также метод ЗВП незаменим в дифференциальной диагностике зрительных агграваций, например в случае психосоматических расстройств [9].

На практике электрофизиологические исследования (ЭФИ) в детском возрасте используют относительно редко в связи с продолжительностью самого обследования и отсутствием его в стандарте обследования пациентов, в частности с амблиопией. В то же время выполнены работы, в которых предложены варианты оценки эффективности плеоптического лечения у детей с амблиопией.

К приоритетным направлениям здравоохранения во всем мире относится охрана здоровья детей. Аномалии рефракции, осложненные амблиопией и косоглазием, – одни из главных патологий зрительной системы у пациентов детского возраста [10–12]. Инвалиды по зрению с детского возраста составляют 20,7 % от общего количества инвалидов по зрению, а в возрасте от 19 до 50 лет – 55,4 %. Распространенность слепоты у детей составляет 1,6 на 10 тыс. детей, а слабовидения – 3,5 на 10 тыс. детей [13]. Однако, несмотря на вышеизложенное, амблиопия, согласно некоторым литературным данным [14, 15], диагностируется у 1,6–3,6 % в общей популяции; другие авторы утверждают, что амблиопия встречается несколько чаще – у 1,3–12,0 % [16].

В последнее время проблема амблиопии привлекает все большее внимание не только детских офтальмологов [17], но и представителей других профессий – психологов, физиологов, физиков и других исследователей [18, 19] – с целью поиска новых обоснованных путей воздействия на зрительную систему с нарушенными функциями [20].

Процесс опознания зрительных образов является сложным физиологическим механизмом деятельности мозга [21, 22]. За последние

годы наблюдается значительный прогресс в исследованиях, направленных на анализ и обоснование функциональных операций мозга, связанных со зрением.

Современная офтальмология насчитывает большое количество высокоинформативных и эффективных методов диагностики и лечения патологических состояний зрительной системы. Однако лечение детей с дисбинокулярной и рефракционной амблиопиями эффективно, по данным различных авторов [23, 24], лишь в 30–60 % случаев. Прогнозирование эффективности назначаемого лечения, так же как и ожидаемой результативности плеоптики, при последующих курсах терапии до настоящего времени остается малоизученной областью детской офтальмологии [25].

Рядом ученых проведены исследования, посвященные особенностям электрогенеза сетчатки и ЗВП у детей с амблиопиями [26–29], однако эти работы малочисленны, носят характер наблюдений и не отображают в полной мере значимость ЭФИ в качестве контроля и/или оценки эффективности проведенного плеоптического лечения. Между тем изменения показателей ЭФИ могли бы быть использованы для прогнозирования и мониторинга целесообразности дальнейшего лечения амблиопии [30].

Специфика проживания детей с заболеваниями зрительного анализатора в Арктической зоне РФ (АЗРФ) оказывает влияние на их зрительные особенности, которые меняются в зависимости от экологических условий, таких как низкая инсоляция, монохромность среды обитания, особенно в зимне-весенний период. Вышеизложенное делает актуальным электрофизиологический контроль как инструмент в оценке эффективности лечебных мероприятий, направленных на устранение данного патологического процесса, у пациентов в детском возрасте в регионах АЗРФ, в частности в Архангельской области. При обследовании здоровых детей и подростков на территории Архангельской области выявлены особенности когнитивных ЗВП. Так, отмечена статистически значимая положительная взаимосвязь времени

зрительно-моторной реакции и латентности пика P2 ЗВП, в то время как точность реакции минимально зависела от латентности и амплитуды пика P300 ЗВП [31, 32].

Несмотря на большое количество работ последних десятилетий по проблеме амблиопии, на сегодняшний день остаются нерешенными вопросы относительно механизма нарушения функций органа зрения, структур зрительной системы, обуславливающих эти нарушения, а также не разработаны лечебные и профилактические методики воздействия и клиничко-патологического обоснования такого воздействия [33].

Исследователи К. Ding et al. рассматривали амблиопию как состояние, характеризующееся, в отличие от здорового глаза, структурным и/или функциональным дефицитом пропорций [34]. В более ранних исследованиях авторами были показаны изменения спонтанных паттернов активности некоторых областей мозга у лиц с анизотропической амблиопией по сравнению с людьми с нормальным зрением. Однако на сегодняшний день остается неизвестным, имеются ли у пациентов с амблиопией характерные изменения в функциональных моделях подключения в зрительных областях мозга, в частности первичной зрительной области. В исследовании [34] были определены различия в функциональной зависимости первичной зрительной зоны у пациентов с амблиопией и лиц с нормальным зрением посредством магнитно-резонансной томографии в состоянии покоя. Были получены следующие результаты: мозжечок и нижняя теменная доля показали изменения в функциональных связях в первичной зрительной области у лиц с амблиопией. Этот факт дает дополнительные свидетельства нарушения в заднем зрительном пути у лиц с амблиопией.

В своих работах Э.С. Аветисов определяет амблиопию как одностороннее или (реже) двустороннее снижение максимально корригированной остроты зрения и/или патологических бинокулярных взаимодействий при отсутствии органической патологии глаза или зрительно-

го пути, которое развивается во время критического раннего периода развития органа зрения [35]. Данное определение отражает всю суть амблиопии, т. к. ее возникновение еще в конце прошлого столетия ученые связывали с недостаточным зрительным опытом исключительно в раннем детском возрасте [36] вследствие некорректируемых аномалий рефракции, нарушения прозрачности преломляющих сред, косоглазия или других состояний, нарушающих нормальное формирование образов внешнего мира [37, 38]. И очевидно, что клинически выявляемое понижение остроты зрения – на самом деле проявление функциональной скотомы, а в дальнейшем уже и стойкого торможения.

Понятие ограниченного раннего периода пластичности зрительной системы было поставлено под сомнение недавними исследованиями [39], которые показали некоторые положительные функциональные изменения у лиц с амблиопией даже в зрелом возрасте. При амблиопии («ленивый глаз») до сих пор ставится вопрос, в какой степени проявится эффект лечения после раннего периода детства из-за снижения пластичности в соответствии с имеющимися представлениями. Целью исследования M. Fronius et al. [39] было определение зависимости «доза–реакция» и эффективности лечения по параметрам повышения остроты зрения путем регистрации электрофизиологических данных, коррекции доз и выведения этих параметров в зависимости от возрастных функциональных изменений, связанных с укреплением амблиопии. В исследование были привлечены 27 пациентов в возрасте от 5,4 до 15,8 (в среднем 9,2) лет с дисбинокулярной и анизометропической амблиопией, ранее не получавших лечения, наблюдавшихся в течение 4 месяцев обычного плеоптического лечения.

M. Fronius et al. показано улучшение остроты зрения у представителей всех возрастных групп, но значительно более выраженное – у пациентов моложе 7 лет при одинаковой тактике лечения. Эффективность лечения, таким образом, снижалась с возрастом, наиболее выра-

женный эффект наблюдался у детей в возрасте до 7 лет. Указанные результаты подтверждают важность раннего выявления и лечения амблиопии. Эффективность лечения представляется как инструмент для дальнейших наблюдений и обеспечивает основу для сравнения и внедрения новых альтернативных методов лечения амблиопии [39].

Одним из актуальных вопросов восстановительной медицины в офтальмологии является разработка методик, направленных на повышение зрительных функций у пациентов с амблиопией, профилактику и лечение таких расстройств, как нарушение бинокулярного зрения, астиопия, косоглазие [40, 41].

Известны патофизиологические механизмы развития амблиопии, которые представляют ряд сложных нарушений на уровне межнейронных взаимодействий зрительной системы, начиная от сенсорной сетчатки до наружных коленчатых тел и центральных отделов зрительной системы в затылочной доле коры головного мозга [35, 42]. Однако до сих пор остаются не до конца изученными патологические механизмы нарушения функций органа зрения при амблиопии. В связи с этим в клинической практике довольно часто возникают проблемы в дифференциации амблиопии на начальном этапе, до манифестированных форм органических поражений зрительного аппарата [43, 44]. Органические поражения зрительного аппарата, как известно, могут быть как на уровне зрительного нерва и постхиазмальных зрительных путей, так и на уровне сетчатой оболочки, что определяет необходимость изучения на новом методическом уровне функций различных каналов зрительной системы, биоэлектрической активности сетчатки. Функциональные симптомы амблиопии важны в ее диагностике, в обосновании звеньев патогенеза и выборе адекватных методов воздействия на зрительную систему с целью восстановления и прогнозирования зрительных функций [45]. Общим в патогенезе амблиопии (кроме истерической) считается депривация ретинокортикальных элементов центрального зрения в сенситивном

периоде развития зрительного анализатора, затрагивающем первые 5–7 лет жизни ребенка. При анизометропической амблиопии некорригированная рефракция приводит к нечеткому изображению на сетчатке только одного глаза. При задержке оптической коррекции и, соответственно, длительном «бездействии» хуже видящего глаза возникает вначале временное, в виде функциональной скотомы, торможение, а в дальнейшем – стойкое понижение остроты зрения на этом глазу [46]. При раннем назначении оптической коррекции зрительные функции восстанавливаются. Лучше восстанавливаются зрительные функции при рефракционной (анизометропической) амблиопии.

Дисбинокулярная амблиопия развивается вследствие постоянного, продолжительно существующего нелеченного одностороннего косоглазия. При ее наличии зрительный анализатор вначале подавляет, а затем и тормозит изображение, проецирующееся от отклоненного глаза, в порядке компенсации (нивелирования) диплопии, возникающей при проекции на сетчатке объекта фиксации от косящего глаза [25]. Это ненормальное бинокулярное торможение является первичным механизмом, приводящим к обратимому понижению остроты зрения [47]. Выявлена функциональная межполушарная асимметрия компенсаторных механизмов при амблиопии в зависимости от поражения левого или правого глаза, что говорит о дисфункции мозга в целом [48]. Задержка лечения косоглазия способствует развитию сенсомоторных аномалий, таких как необратимое понижение остроты зрения, эксцентричная (пери- и парафовеолярная) фиксация, которые значительно ухудшают прогноз исхода заболевания и возможность полноценного излечения [49].

Являясь сложной по своим патофизиологическим механизмам аномалией, амблиопия

остается до конца не изученной патологией. Выполнение исследований ЗВП у пациентов с амблиопией, возможно, позволит: уточнить механизмы возрастного развития функций структурных составляющих зрительного анализатора, в т. ч. проводящих путей и его центральных отделов, с учетом неблагоприятных климатогеографических условий проживания; выявить факторы, предрасполагающие к возникновению амблиопий у детей дошкольного возраста; определить нарушения проводимости сигнала от периферической части к центральному отделу зрительного анализатора, а также изменения в работе коркового анализатора.

Таким образом, весьма актуальными для современной теоретической и практической офтальмологии следует признать исследования по выявлению возможных закономерностей структурно-функциональных отклонений при амблиопии у детей до и после терапии. Данные исследования нацелены на обнаружение отклонений, чтобы оценить эффективность применяемых методов и скорректировать дальнейшее лечение. Последнее представляется возможным, в первую очередь, за счет применения, помимо рутинных исследовательских методик, офтальмоэлектрофизиологического анализа и сопоставления изменений показателей визометрии в процессе лечения амблиопий у детей. Полученные результаты при обследовании населения северных территорий позволят включить оценку параметров ЗВП у детей с амблиопией в клинические рекомендации и сделать данный метод обследования широко применяемым в клинической практике и общедоступным для населения АЗРФ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Гнездицкий В.В., Корепина О.С. Атлас по вызванным потенциалам мозга (практическое руководство, основанное на анализе конкретных клинических наблюдений). Иваново: ПресСто, 2011. 532 с.
2. Зуева И.Б., Ванаева К.И., Санец Е.Л. Когнитивный вызванный потенциал P300: роль в оценке когнитивных функций у больных с артериальной гипертензией и ожирением // Бюл. Сиб. отд-ния РАМН. 2012. Т. 32, № 5. С. 55–62.
3. Опыт применения вызванных потенциалов в клинической практике / под ред. В.В. Гнездицкого, А.М. Шамшиновой. М.: Науч.-мед. фирма «МБН», 2001. 480 с.
4. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: рук. для врачей. М.: МЕДпрессинформ, 2004. 488 с.
5. Бородина У.В. Использование метода вызванных потенциалов для оценки параметров стимула // Ярослав. пед. вестн. 2012. Т. 3, № 4. С. 149–153.
6. Кошелев Д.И., Галаутдинов М.Ф., Вахмянина А.А. Опыт применения зрительных вызванных потенциалов на вспышку в оценке функций зрительной системы // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2014. № 12(173). С. 181–187.
7. Макарова И.И., Игнатова Ю.П., Маркова К.Б. Вызванные потенциалы мозга как биоэлектрический феномен, отражающий функциональное состояние нервной системы // Верхневолж. мед. журн. 2016. Т. 15, вып. 3. С. 29–36.
8. Шамшинова А.М. Электрофизиологические методы исследования в клинике глазных болезней: обзор литературы // Мед. реф. журн. 1986. Разд. 8, № 56. С. 1–11.
9. Муравьева С.В. Дифференциальная диагностика шизофрении и депрессии с помощью метода когнитивных вызванных потенциалов // Клиническая нейрофизиология и нейрореабилитация: материалы Седьмой науч.-практ. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 7–8 ноября 2019 г.). СПб., 2019. С. 71.
10. Аветисов Э.С., Ковалевский Е.И., Хватова А.В. Повреждения глаз // Руководство по детской офтальмологии. М.: Медицина, 1987. С. 396–424.
11. Либман Е.С., Шахова Е.В. Состояние и динамика слепоты и инвалидности вследствие патологии органа зрения в России // Тез. докл. VII съезда офтальмологов России (Москва, 16–19 мая 2000 г.). М., 2000. Ч. 2. С. 209–215.
12. Brown S.A., Weih L.M., Fu C.L., Dimitrov P., Taylor H.R., McCarty C.A. Prevalence of Amblyopia and Associated Refractive Errors in an Adult Population in Victoria, Australia // Ophthalmic Epidemiol. 2000. Vol. 7, № 4. P. 249–258.
13. Хватова А.В., Зубарева Л.Н., Сидоренко Е.И., Мишустин В.В. Актуальные проблемы детской офтальмологии // Тез. докл. VII съезда офтальмологов России (Москва, 16–19 мая 2000 г.). 2000. Ч. 1. С. 311–318.
14. Abrahamsson M., Sjöstrand J. Astigmatic Axis and Amblyopia in Childhood // Acta Ophthalmol. Scand. 2003. Vol. 81, № 1. P. 33–37.
15. Castro-Vite O.I., Vargas-Ortega A.J., Aguilar-Ruiz A., Murillo-Correa C.E. Sensorial Status in Patients with Pure Accommodative Esotropia // Arch. Soc. Esp. Oftalmol. 2016. Vol. 91, № 12. P. 573–576. DOI: 10.1016/j.oftal.2016.06.003
16. Neubauer A.S., Neubauer S. Cost-Effectiveness of Screening for Amblyopia // Klin. Monbl. Augenheilkd. 2005. Vol. 222, № 2. P. 110–116.
17. Aggarwala K.R.G. Ocular Accommodation, Intraocular Pressure, Development of Myopia and Glaucoma: Role of Ciliary Muscle, Choroid and Metabolism // Med. Hypothesis. Discov. Innov. Ophthalmol. 2020. Vol. 9, № 1. P. 66–70.
18. Ботабекова Т.К., Кургамбекова Н.С. Возможности поляризованного красного света в лечении амблиопии // Вестн. новых мед. технологий. 2004. Т. 11, № 3. С. 37–38.
19. Ботабекова Т.К., Кургамбекова Н.С. Сравнительный анализ эффективности различных методов лечения амблиопии // Вестн. офтальмологии. 2004. Т. 120, № 5. С. 40–41.
20. Шамшинова А.М., Кащенко Т.П., Кампф У.П., Губкина Г.Л., Хватова Н.В., Слышалова Н.Н. Амблиопия: патогенез, дифференциальная диагностика и обоснование принципов лечения // Клиническая физиология зрения: сб. ст. М.: МБН, 2002. С. 447–458.
21. Schnapf J.L., Baylor D.A. How Photoreceptor Cells Respond to Light // Sci. Am. 1987. Vol. 256, № 4. P. 40–47.
22. Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., Кожевникова И.С., Рысина Н.Н. Трансформация структуры зрительно-моторной деятельности при высокой тревожности у детей // Экология человека. 2012. № 5. С. 20–24.

23. Кащенко Т.П. Проблемы глагодвигательной и бинокулярной патологии // Вестн. офтальмологии. 2006. № 1. С. 32–35.
24. Аветисов Э.С. О происхождении близорукости и путях профилактики ее прогрессирования и осложнений // V Всесоюзный съезд офтальмологов (Ташкент, 25–29 сент. 1979 г.): тез. докл. М., 1979. Т. 1. С. 103–112.
25. Heo H., Park J.W., Park S.W. Light Transmission and Preference of Eye Patches for Occlusion Treatment // PLoS One. 2013. Vol. 8, № 6. Art. № e68079. DOI: 10.1371/journal.pone.0068079
26. Слышалова Н.Н., Хватова Н.В., Шамишинова А.М. Механизмы восстановления зрительных функций при амблиопии высокой степени // Биомеханика глаза: сб. тр. конф. (Москва, 17–18 ноября 2005 г.). М., 2005. С. 256–265.
27. Слышалова Н.Н., Шамишинова А.М. Биоэлектрическая активность сетчатки при амблиопии // Вестн. офтальмологии. 2008. № 4. С. 32–36.
28. Шпак А.А., Азнаурян А.А., Горлачева Л.И. Лечение меридиональной формы рефракционной амблиопии у детей с астигматизмом // Тез. междунар. съезда офтальмологов по рефракцион. и катарактал. хирургии. М., 2002. С. 52–53.
29. Kelly J.P., Phillips J.O., Weiss A.H. VEP Analysis Methods in Children with Optic Nerve Hypoplasia: Relationship to Visual Acuity and Optic Disc Diameter // Doc. Ophthalmol. 2016. Vol. 133, № 3. P. 159–169.
30. Ely A.L., Weinstein J.M., Price J.M., Gillon J.T., Boltz M.E., Mowery S.F., Aminlari A., Gilmore R.O., Cheung A.Y. Degradation of Swept-Parameter VEP Responses by Neutral Density Filters in Amblyopic and Normal Subjects // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2014. Vol. 55, № 11. P. 7248–7255. DOI: 10.1167/iovs.14-15052
31. Калинина Л.П., Кузьмин А.Г. Взаимосвязь показателей зрительно-моторной реакции и когнитивных зрительных вызванных потенциалов у школьников-северян // Журн. мед.-биол. исследований. 2019. Т. 7, № 4. С. 487–490. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.487
32. Джос Ю.С., Калинина Л.П. Когнитивные вызванные потенциалы в нейрофизиологических исследованиях (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2018. Т. 6, № 3. С. 223–235. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.3.223
33. Meier K., Giaschi D. Unilateral Amblyopia Affects Two Eyes: Fellow Eye Deficits in Amblyopia // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2017. Vol. 58, № 3. P. 1779–1800. DOI: 10.1167/iovs.16-20964
34. Ding K., Liu Y., Yan X., Lin X., Jiang T. Altered Functional Connectivity of the Primary Visual Cortex in Subjects with Amblyopia // Neural Plast. 2013. Vol. 2013. Art. № 612086. DOI: 10.1155/2013/612086
35. Аветисов Э.С. Содружественное косоглазие. М.: Медицина, 1977. 311 с.
36. Costa M.F., de Cássia Rodrigues Matos França V., Barboni M.T.S., Ventura D.F. Maturation of Binocular, Monocular Grating Acuity and of the Visual Interocular Difference in the First 2 Years of Life // Clin. EEG Neurosci. 2018. Vol. 49, № 3. P. 159–170. DOI: 10.1177/1550059417723804
37. Barrett B.T., Bradley A., Candy T.R. The Relationship Between Anisometropia and Amblyopia // Prog. Retin. Eye Res. 2013. Vol. 36. P. 120–158. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2013.05.001
38. Sloper J. The Other Side of Amblyopia // J. AAPOS. 2016. Vol. 20, № 1. P. 1.e1–1.e13. DOI: 10.1016/j.jaapos.2015.09.013
39. Fronius M., Cirina L., Ackermann H., Kohnen T., Diehl C.M. Efficiency of Electronically Monitored Amblyopia Treatment Between 5 and 16 Years of Age: New Insight into Declining Susceptibility of the Visual System // Vision Res. 2014. Vol. 103. P. 11–19. DOI: 10.1016/j.visres.2014.07.018
40. Ridder W.H. 3rd, Rouse M.W. Predicting Potential Acuties in Amblyopes: Predicting Post-Therapy Acuity in Amblyopes // Doc. Ophthalmol. 2007. Vol. 114, № 3. P. 135–145.
41. Cadet N., Huang P.-C., Superstein R., Koenekoop R., Hess R.F. The Effects of the Age of Onset of Strabismus on Monocular and Binocular Visual Function in Genetically Identical Twins // Can. J. Ophthalmol. 2018. Vol. 53, № 6. P. 609–613. DOI: 10.1016/j.jcjo.2018.01.032
42. Kiorpes L., Daw N. Cortical Correlates of Amblyopia // Vis. Neurosci. 2018. Vol. 35. P. E016. DOI: 10.1017/S0952523817000232
43. Ersan I., Zengin N., Bozkurt B., Ozkagnici A. Evaluation of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Patients with Anisometropic and Strabismic Amblyopia Using Optical Coherence Tomography // J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus. 2013. Vol. 50, № 2. P. 113–117. DOI: 10.3928/01913913-20121211-02
44. Liao N., Jiang H., Mao G., Li Y., Xue A., Lan Y., Lin H., Wang Q. Changes in Macular Ultrastructural Morphology in Unilateral Anisometropic Amblyopia // Am. J. Transl. Res. 2019. Vol. 11, № 8. P. 5086–5095.

45. Shooner C., Hallum L.E., Kumbhani R.D., Ziemba C.M., Garcia-Marin V., Kelly J.G., Majaj N.J., Movshon J.A., Kiorpes L. Population Representation of Visual Information in Areas V1 and V2 of Amblyopic Macaques // *Vision Res.* 2015. Vol. 114. P. 56–67. DOI: 10.1016/j.visres.2015.01.012
46. Andrade E.P., Berezovsky A., Sacai P.Y., Pereira J.M., Rocha D.M., Salomão S.R. Dysfunction in the Fellow Eyes of Strabismic and Anisometropic Amblyopic Children Assessed by Visually Evoked Potentials // *Arq. Bras. Oftalmol.* 2016. Vol. 79, № 5. P. 294–298. DOI: 10.5935/0004-2749.20160085
47. Zheng X., Xu G., Zhi Y., Wang Y., Han C., Wang B., Zhang S., Zhang K., Liang R. Objective and Quantitative Assessment of Interocular Suppression in Strabismic Amblyopia Based on Steady-State Motion Visual Evoked Potentials // *Vision Res.* 2019. Vol. 164. P. 44–52. DOI: 10.1016/j.visres.2019.07.003
48. Körtvélyes J., Bankó E.M., Andics A., Rudas G., Németh J., Hermann P., Vidnyánszky Z. Visual Cortical Responses to the Input from the Amblyopic Eye Are Suppressed During Binocular Viewing // *Acta Biol. Hung.* 2012. Vol. 63, Suppl. 1. P. 65–79. DOI: 10.1556/ABiol.63.2012.Suppl.1.7
49. Hou C., Kim Y.-J., Lai X.J., Vergheze P. Degraded Attentional Modulation of Cortical Neural Populations in Strabismic Amblyopia // *J. Vis.* 2016. Vol. 16, № 3. P. 1–16. DOI: 10.1167/16.3.16

References

1. Gnezditskiy V.V., Korepina O.S. *Atlas po vyzvannym potentsialam mozga (prakticheskoe rukovodstvo, osnovannoe na analize konkretnykh klinicheskikh nablyudeniy)* [Atlas of Evoked Brain Potentials (a Practical Guide Based on the Analysis of Specific Clinical Observations)]. Ivanovo, 2011. 532 p.
2. Zueva I.B., Vanaeva K.I., Sanets E.L. Kognitivnyy vyzvannyi potentsial P300: rol' v otsenke kognitivnykh funktsiy u bol'nykh s arterial'noy gipertenziey i ozhireniem [Cognitive Evoked Potential, P300 Component: Role in Assessment of Cognitive Function Among Patients with Arterial Hypertension and Obesity]. *Byulleten' SO RAMN*, 2012, vol. 32, no. 5, pp. 55–62.
3. Gnezditskiy V.V., Shamshinova A.M. *Opyt primeneniya vyzvannykh potentsialov v klinicheskoy praktike* [Experience of Using Evoked Potentials in Clinical Practice]. Moscow, 2001. 480 p.
4. Zenkov L.R., Ronkin M.A. *Funktsional'naya diagnostika nervnykh bolezney* [Functional Diagnosis of Nervous Diseases]. Moscow, 2004. 488 p.
5. Borodina U.V. Ispol'zovanie metoda vyzvannykh potentsialov dlya otsenki parametrov stimula [Use of the Evoked Potentials Method to Estimate Parameters of the Stimulus]. *Yaroslavskiy pedagogicheskii vestnik*, 2012, vol. 3, no. 4, pp. 149–153.
6. Koshelev D.I., Galautdinov M.F., Vakhmyanina A.A. Opyt primeneniya zritel'nykh vyzvannykh potentsialov na vspyshku v otsenke funktsiy zritel'noy sistemy [The Practice of the Application of the Flash Visual Evoked Potentials for the Visual System's Evaluation]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 12, pp. 181–187.
7. Makarova I.I., Ignatova Yu.P., Markova K.B. Vyzvannyye potentsialy mozga kak bioelektricheskiy fenomen, otrazhayushchiy funktsional'noe sostoyanie nervnoy sistemy [Evoked Brain Potentials as Bioelectrical Phenomenon Reflecting the Functional State of the Nervous System]. *Verkhnevolzhskiy meditsinskiy zhurnal*, 2016, vol. 15, no. 3, pp. 29–36.
8. Shamshinova A.M. Elektrofiziologicheskie metody issledovaniya v klinike glaznykh bolezney: obzor literatury [Electrophysiological Research Methods in Eye Clinic: Literature Review]. *Meditsinskiy referativnyy zhurnal*, 1986, sect. 8, no. 56, pp. 1–11.
9. Murav'eva S.V. Differentsial'naya diagnostika shizofrenii i depressii s pomoshch'yu metoda kognitivnykh vyzvannykh potentsialov [Differential Diagnosis of Schizophrenia and Depression Using the Method of Cognitive Evoked Potentials]. *Klinicheskaya neyrofiziologiya i neyroreabilitatsiya* [Clinical Neurophysiology and Neurorehabilitation]. St. Petersburg, 2019, p. 71.
10. Avetisov E.S., Kovalevskiy E.I., Khvatova A.V. Povrezhdeniya glaz [Eye Injuries]. *Rukovodstvo po detskoj oftal'mologii* [A Guide to Pediatric Ophthalmology]. Moscow, 1987, pp. 396–424.
11. Libman E.S., Shakhova E.V. Sostoyanie i dinamika slepoty i invalidnosti vsledstvie patologii organa zreniya v Rossii [The State and Dynamics of Blindness and Disability Due to Eye Pathology in Russia]. *Tezisy dokladov VII s"ezda oftal'mologov Rossii* [Abstracts of the 7th Congress of Ophthalmologists of Russia]. Moscow, 2000. Pt. 2, pp. 209–215.

12. Brown S.A., Weih L.M., Fu C.L., Dimitrov P., Taylor H.R., McCarty C.A. Prevalence of Amblyopia and Associated Refractive Errors in an Adult Population in Victoria, Australia. *Ophthalmic Epidemiol.*, 2000, vol. 7, no. 4, pp. 249–258.
13. Khvatova A.V., Zubareva L.N., Sidorenko E.I., Mishustin V.V. Aktual'nye problemy detskoj oftal'mologii [Important Issues of Pediatric Ophthalmology]. *Tezisy dokladov VII s'ezda oftal'mologov Rossii* [Abstracts of the 7th Congress of Ophthalmologists of Russia]. Moscow, 2000. Pt. 1, pp. 311–318.
14. Abrahamsson M., Sjöstrand J. Astigmatic Axis and Amblyopia in Childhood. *Acta Ophthalmol. Scand.*, 2003, vol. 81, no. 1, pp. 33–37.
15. Castro-Vite O.I., Vargas-Ortega A.J., Aguilar-Ruiz A., Murillo-Correa C.E. Sensorial Status in Patients with Pure Accommodative Esotropia. *Arch. Soc. Esp. Oftalmol.*, 2016, vol. 91, no. 12, pp. 573–576. DOI: 10.1016/j.oftal.2016.06.003
16. Neubauer A.S., Neubauer S. Cost-Effectiveness of Screening for Amblyopia. *Klin. Monbl. Augenheilkd.*, 2005, vol. 222, no. 2, pp. 110–116.
17. Aggarwala K.R.G. Ocular Accommodation, Intraocular Pressure, Development of Myopia and Glaucoma: Role of Ciliary Muscle, Choroid and Metabolism. *Med. Hypothesis. Discov. Innov. Ophthalmol.*, 2020, vol. 9, no. 1, pp. 66–70.
18. Botabekova T.K., Kurgambekova N.S. Vozmozhnosti polipolyarizovannogo krasnogo sveta v lechenii ambliopii [Potential of Polypolarized Red Light in the Treatment of Amblyopia]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 2004, vol. 11, no. 3, pp. 37–38.
19. Botabekova T.K., Kurgambekova N.S. Sravnitel'nyy analiz effektivnosti razlichnykh metodov lecheniya ambliopii [A Comparative Analysis of the Effectiveness of Various Methods of Treatment of Amblyopia]. *Vestnik oftal'mologii*, 2004, vol. 120, no. 5, pp. 40–41.
20. Shamshinova A.M., Kashchenko T.P., Kampf U.P., Gubkina G.L., Khvatova N.V., Slyshalova N.N. Ambliopiya: patogenez, differentsial'naya diagnostika i obosnovanie printsipov lecheniya [Amblyopia: Pathogenesis, Differential Diagnosis and Substantiation of Treatment Principles]. *Klinicheskaya fiziologiya zreniya* [Clinical Physiology of Vision]. Moscow, 2002, pp. 447–458.
21. Schnapf J.L., Baylor D.A. How Photoreceptor Cells Respond to Light. *Sci. Am.*, 1987, vol. 256, no. 4, pp. 40–47.
22. Nekhoroshkova A.N., Griбанov A.V., Kozhevnikova I.S., Rysina N.N. Transformatsiya struktury zritel'no-motornoj deyatel'nosti pri vysokoy trevozhnosti u detey [Transformation of Visual-Motor Activity Structure in Children with High Anxiety]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 5, pp. 20–24.
23. Kashchenko T.P. Problemy glazodvigatel'noy i binokulyarnoy patologii [Problems of Oculomotor and Binocular Pathology]. *Vestnik oftal'mologii*, 2006, no. 1, pp. 32–35.
24. Avetisov E.S. O proiskhozhdenii blizorukosti i putyakh profilaktiki ee progressirovaniya i oslozhneniy [On the Origin of Myopia and Ways to Prevent Its Progression and Complications]. *V Vsesoyuznyy s'ezd oftal'mologov* [The 5th All-Union Congress of Ophthalmologists]. Moscow, 1979. Vol. 1, pp. 103–112.
25. Heo H., Park J.W., Park S.W. Light Transmission and Preference of Eye Patches for Occlusion Treatment. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 6. Art. no. e68079. DOI: 10.1371/journal.pone.0068079
26. Slyshalova N.N., Khvatova N.V., Shamshinova A.M. Mekhanizmy vosstanovleniya zritel'nykh funktsiy pri ambliopii vysokoy stepeni [Mechanisms for the Restoration of Visual Functions in High Degree Amblyopia]. *Biomekhanika glaza* [Eye Biomechanics]. Moscow, 2005, pp. 256–265.
27. Slyshalova N.N., Shamshinova A.M. Bioelektricheskaya aktivnost' setchatki pri ambliopii [Retinal Bioelectrical Activity in Amblyopia]. *Vestnik oftal'mologii*, 2008, no. 4, pp. 32–36.
28. Shpak A.A., Aznauryan A.A., Goralcheva L.I. Lechenie meridional'noy formy refraktsionnoy ambliopii u detey s astigmatizmom [Treatment of the Meridional form of Refractive Amblyopia in Children with Astigmatism]. *Tezisy mezhdunarodnogo s'ezda oftal'mologov po refraktsionnoy i kataraktal'noy khirurgii* [Abstracts of the International Congress of Ophthalmologists on Refractive and Cataract Surgery]. Moscow, 2002, pp. 52–53.
29. Kelly J.P., Phillips J.O., Weiss A.H. VEP Analysis Methods in Children with Optic Nerve Hypoplasia: Relationship to Visual Acuity and Optic Disc Diameter. *Doc. Ophthalmol.*, 2016, vol. 133, no. 3, pp. 159–169.
30. Ely A.L., Weinstein J.M., Price J.M., Gillon J.T., Boltz M.E., Mowery S.F., Aminlari A., Gilmore R.O., Cheung A.Y. Degradation of Swept-Parameter VEP Responses by Neutral Density Filters in Amblyopic and Normal Subjects. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2014, vol. 55, no. 11, pp. 7248–7255. DOI: 10.1167/iovs.14-15052

31. Kalinina L.P., Kuz'min A.G. Correlation Between Visual-Motor Reaction Parameters and Visual Evoked Potentials in Schoolchildren Living in the North of Russia. *J. Med. Biol. Res.*, 2019, vol. 7, no. 4, pp. 487–490. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.487
32. Dzhos Yu.S., Kalinina L.P. Cognitive Event-Related Potentials in Neurophysiology Research (Review). *J. Med. Biol. Res.*, 2018, vol. 6, no. 3, pp. 223–235. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.3.223
33. Meier K., Giaschi D. Unilateral Amblyopia Affects Two Eyes: Fellow Eye Deficits in Amblyopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2017, vol. 58, no. 3, pp. 1779–1800. DOI: 10.1167/iovs.16-20964
34. Ding K., Liu Y., Yan X., Lin X., Jiang T. Altered Functional Connectivity of the Primary Visual Cortex in Subjects with Amblyopia. *Neural Plast.*, 2013, vol. 2013, Art. no. 612086. DOI: 10.1155/2013/612086
35. Avetisov E.S. *Sodruzhestvennoe kosoglazie* [Concomitant Strabismus]. Moscow, 1977. 311 p.
36. Costa M.F., de Cássia Rodrigues Matos França V., Barboni M.T.S., Ventura D.F. Maturation of Binocular, Monocular Grating Acuity and of the Visual Interocular Difference in the First 2 Years of Life. *Clin. EEG Neurosci.*, 2018, vol. 49, no. 3, pp. 159–170. DOI: 10.1177/1550059417723804
37. Barrett B.T., Bradley A., Candy T.R. The Relationship Between Anisometropia and Amblyopia. *Prog. Retin. Eye Res.*, 2013, vol. 36, pp. 120–158. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2013.05.001
38. Sloper J. The Other Side of Amblyopia. *J. AAPOS*, 2016, vol. 20, no. 1, pp. 1.e1–1.e13. DOI: 10.1016/j.jaapos.2015.09.013
39. Fronius M., Cirina L., Ackermann H., Kohnen T., Diehl C.M. Efficiency of Electronically Monitored Amblyopia Treatment Between 5 and 16 Years of Age: New Insight into Declining Susceptibility of the Visual System. *Vision Res.*, 2014, vol. 103, pp. 11–19. DOI: 10.1016/j.visres.2014.07.018
40. Ridder W.H. 3rd, Rouse M.W. Predicting Potential Acuities in Amblyopes: Predicting Post-Therapy Acuity in Amblyopes. *Doc. Ophthalmol.*, 2007, vol. 114, no. 3, pp. 135–145.
41. Cadet N., Huang P.-C., Superstein R., Koenekoop R., Hess R.F. The Effects of the Age of Onset of Strabismus on Monocular and Binocular Visual Function in Genetically Identical Twins. *Can. J. Ophthalmol.*, 2018, vol. 53, no. 6, pp. 609–613. DOI: 10.1016/j.cjjo.2018.01.032
42. Kiorpes L., Daw N. Cortical Correlates of Amblyopia. *Vis. Neurosci.*, 2018, vol. 35, p. E016. DOI: 10.1017/S0952523817000232
43. Ersan I., Zengin N., Bozkurt B., Ozkagnici A. Evaluation of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Patients with Anisometropic and Strabismic Amblyopia Using Optical Coherence Tomography. *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus*, 2013, vol. 50, no. 2, pp. 113–117. DOI: 10.3928/01913913-20121211-02
44. Liao N., Jiang H., Mao G., Li Y., Xue A., Lan Y., Lin H., Wang Q. Changes in Macular Ultrastructural Morphology in Unilateral Anisometropic Amblyopia. *Am. J. Transl. Res.*, 2019, vol. 11, no. 8, pp. 5086–5095.
45. Shooner C., Hallum L.E., Kumbhani R.D., Ziemba C.M., Garcia-Marin V., Kelly J.G., Majaj N.J., Movshon J.A., Kiorpes L. Population Representation of Visual Information in Areas V1 and V2 of Amblyopic Macaques. *Vision Res.*, 2015, vol. 114, pp. 56–67. DOI: 10.1016/j.visres.2015.01.012
46. Andrade E.P., Berezovsky A., Sacai P.Y., Pereira J.M., Rocha D.M., Salomão S.R. Dysfunction in the Fellow Eyes of Strabismic and Anisometropic Amblyopic Children Assessed by Visually Evoked Potentials. *Arq. Bras. Oftalmol.*, 2016, vol. 79, no. 5, pp. 294–298. DOI: 10.5935/0004-2749.20160085
47. Zheng X., Xu G., Zhi Y., Wang Y., Han C., Wang B., Zhang S., Zhang K., Liang R. Objective and Quantitative Assessment of Interocular Suppression in Strabismic Amblyopia Based on Steady-State Motion Visual Evoked Potentials. *Vision Res.*, 2019, vol. 164, pp. 44–52. DOI: 10.1016/j.visres.2019.07.003
48. Körtvélyes J., Bankó E.M., Andics A., Rudas G., Németh J., Hermann P., Vidnyánszky Z. Visual Cortical Responses to the Input from the Amblyopic Eye Are Suppressed During Binocular Viewing. *Acta Biol. Hung.*, 2012, vol. 63, suppl. 1, pp. 65–79. DOI: 10.1556/ABiol.63.2012.Suppl.1.7
49. Hou C., Kim Y.-J., Lai X.J., Verghese P. Degraded Attentional Modulation of Cortical Neural Populations in Strabismic Amblyopia. *J. Vis.*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 1–16. DOI: 10.1167/16.3.16

DOI: 10.37482/2687-1491-Z020

Roman N. Zelentsov* ORCID: [0000-0002-4875-0535](https://orcid.org/0000-0002-4875-0535)
Liliya V. Poskotinova** ORCID: [0000-0002-7537-0837](https://orcid.org/0000-0002-7537-0837)

*Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russian Federation)

**N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(Arkhangelsk, Russian Federation)

PROSPECTS FOR USING THE METHOD OF VISUAL EVOKED POTENTIALS IN VISUAL SYSTEM PATHOLOGY IN CHILDREN (Review)

The analysis of scientific achievements of Russian and foreign authors in the field of applying visual evoked potentials (VEP) in today's practical ophthalmology reflects the importance of this method for clarifying the physiological and pathophysiological processes in the visual system. The presented data indicate the significance of determining evoked potentials for the diagnosis and assessment of treatment quality in such visual system pathologies as the glaucomatous process and optic neuritis, as well as for the differential diagnosis of retrobulbar neuritis and optic tract pathology. Particular emphasis is placed on the importance of applying the VEP method for people living in the Arctic zone of the Russian Federation. The widespread introduction of this method for patients with amblyopia will contribute to a timely diagnosis and prognosis of this pathology in people living in the Russian Arctic. Being a complex anomaly in terms of its pathophysiological mechanisms, amblyopia remains insufficiently studied. The study of VEP in patients with amblyopia living in adverse climatic and geographical conditions of the Arctic zone of the Russian Federation will allow us to clarify the mechanisms of developmental changes in the visual system, its pathways and central parts. In addition, it will help to reveal predisposing factors for the formation of amblyopia in preschool children and identify disturbances in signal conductivity as well as changes in the work of the visual cortex. Of great relevance for contemporary practical and theoretical ophthalmology are the studies aimed to identify possible patterns of structural and functional abnormalities in children with amblyopia before and after therapy. Given the high medical and social significance of amblyopia in preschool children, further research on their VEP is required to clarify the pathophysiological features of the development of this condition.

Keywords: *visual evoked potentials, amblyopia, strabismus, pediatric ophthalmology.*

Поступила 24.01.2020

Принята 21.04.2020

Received 24 January 2020

Accepted 21 April 2020

Corresponding author: Roman Zelentsov, *address:* prosp. Troitskiy 51, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;
e-mail: zelentsovrn@gmail.com

For citation: Zelentsov R.N., Poskotinova L.V. Prospects for Using the Method of Visual Evoked Potentials in Visual System Pathology in Children (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 285–295. DOI: 10.37482/2687-1491-Z020