

ЗУБОВСКИЙ Дмитрий Константинович, канд. мед. наук

Белорусский государственный университет физической культуры,

МИСЮК Николай Николаевич, канд. мед. наук

Республиканский научно-практический центр психического здоровья,

ЗУБОВСКАЯ Татьяна Михайловна

Белорусский государственный университет физической культуры,

Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА ДЕПРИВИРОВАННЫХ ПО СЛУХУ ДЕТЕЙ

В статье изложены результаты применения аудиовизуальной стимуляции у детей-инвалидов по слуху в возрасте от 12 до 16 лет. Показано, что проведение АВС в режиме «Антистресс-2» сопровождалось выраженным улучшением функционального состояния головного мозга по данным электроэнцефалографии в отличие от групп контроля. Наиболее информативным показателем ЭЭГ оказалась пиковая частота альфа-ритма. Максимально выраженное повышение этого показателя отмечалось в группе АВС, в которой частота альфа-ритма повысилась с 9,44 до 10,20 Гц ($p < 0,005$). В группе «Контроль-1, Спорт» она повысилась с 9,77 до 10,00 Гц ($p > 0,01$), а в группе «Контроль-2» – с 9,11 до 9,23 Гц ($p > 0,01$).

Ключевые слова: аудиовизуальная стимуляция; электроэнцефалография; слабослышащие дети; спорт; пиковая частота альфа-ритма; медленная активность; головной мозг.

EFFECT OF AUDIOVISUAL STIMULATION ON THE BRAIN BIOELECTRIC ACTIVITY IN THE HEARING-DEPRIVED CHILDREN

The article describes the results of audiovisual stimulation in 12–16-year-old children with hearing disabilities. It is shown that according to electroencephalography data audiovisual stimulation in “Antistress 2” mode has been accompanied by pronounced improvement in functional state of the brain as opposed to control groups. The most informative EEG indicator is the peak alpha rhythm frequency. The maximum expressed increase of this indicator is noted in the group of audiovisual stimulation, where the alpha rhythm frequency increased from 9.44 to 10.20 Hz ($p < 0.005$). In the “Control-1, Sport” group, it increased from 9.77 to 10.00 Hz ($p > 0.01$), and in the “Control-2” group from 9.11 to 9.23 Hz ($p > 0.01$).

Keywords: audiovisual stimulation; electroencephalography; hearing-impaired children; sport; peak alpha rhythm frequency; slow activity; brain.

Введение. Одной из проблем, препятствующих формированию у детей-инвалидов по слуху навыков в физическом воспитании и спорте, является недостаточное развитие физических качеств. Одним из направлений преодоления этой проблемы являются тренинги, позволяющие развить физические качества за счет стимуляции зрения, используя способность к компенсаторной кросс-модальной реорганизации головного мозга. В коррекционной работе с этой категорией лиц может найти применение аудиовизуальной стимуляции

(АВС). [1]. Основным принципом АВС является нормализация (оптимизация) биоэлектрических процессов в головном мозге под влиянием ритмического воздействия на зрительный и слуховой анализаторы в полосе естественных частот, что делает возможным включение в коррекционный процесс ассоциативных связей [2].

Спонтанная электрическая активность мозга регистрируется с помощью электроэнцефалографии (ЭЭГ), характеризуется определенными ритмами и визуально подразделяется на пять типов

[3]: тип I – организованный (нормальная ЭЭГ). Основной компонент ЭЭГ – альфа-ритм (колебания с частотой 8–13 Гц), регулярный по форме и частоте; тип II – гиперсинхронный, для которого характерен высокий индекс альфа-колебаний при потере их зональных различий. Тип III – десинхронный с отсутствием или резким снижением амплитуды и количества альфа-волн; тип IV – дезорганизованный (альфа-активность нерегулярная по частоте); тип V – дезорганизованный, характеризуется отсутствием основного альфа-ритма с преобладанием медленной активности тета- и дельта-диапазонов. Для детей характерно наличие дезорганизованного типа ЭЭГ, так как становление нормальной ЭЭГ с организованным, регулярным альфа-ритмом происходит к 16–18 годам [4].

Исследованиями показано, что сенсорная депривация в сензитивный период нарушает формирование межнейронных связей в коре головного мозга [5]. Для ЭЭГ у детей с нейросенсорной тугоухостью и глухотой характерна десинхронизация ритмов (преобладание мощности волн низкочастотного диапазона дельта и тета [6]. Может отмечаться также преобладание волн высокочастотного диапазона за счет гамма-ритма.

Эти и иные феномены свидетельствуют об устойчивых изменениях нейронов при нейросенсорной тугоухости и глухоте. С другой стороны, Л.А. Новикова (1965); Л.П. Григорьева и соавт. (2002) определили, что показатели ЭЭГ глухих не отличаются от таковых у нормально слышащих людей, и только у 20 % обследованных глухих школьников в возрасте от 8 до 16 лет выявлены ЭЭГ-признаки патологической электрической активности (З.С. Алиева, 2001).

Таким образом, следует согласиться с мнением о том, что установление по

данным ЭЭГ функционального состояния мозга ребенка с нарушением слуха является нерешенным вопросом [7].

Использование технологичных коррекционных методов на основе управления биоэлектрической активностью головного мозга является выраженной тенденцией последнего времени в инклюзии детей-инвалидов по слуху. Так, для улучшения слуховой функции используется АВС в сочетании с микроволновыми магниторезонансными воздействиями на затылочную область [8]. Для повышения у глухих детей устойчивости внимания на уроках физической культуры для АВС была разработана методика цветоритмичной музыки [1].

Исследований по применению АВС с целью улучшения физических качеств детей-инвалидов по слуху для подготовки к тренировочному процессу по легкой атлетике, как и использования показателей ЭЭГ в качестве критериев оценки эффективности АВС у детей-инвалидов по слуху, нами не выявлено.

Исследование предпринято в рамках выполнения задания Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. «Разработать на основе аудиовизуальных воздействий методику улучшения физических качеств, психологического и вегетативного статуса детей-инвалидов по слуху на этапе предварительной подготовки по легкой атлетике» (№ г.р. 20192066).

Материал и методы. В исследование включены 43 соматически здоровых на момент обследования учащихся ГУО «Ждановичская специальная общеобразовательная школа-интернат» в возрасте от 12–16 лет. Из них 20 чел. (без кохлеарных имплантов и со снятыми на время процедуры слуховыми аппаратами) составили основную группу, где проводи-

лась ABC (группа № 1; ABC). В группе № 2 «Контроль 1; СПОРТ» (13 чел.) ABC не проводилась, и дети, кроме занятий на уроках физкультуры по месту проживания и учебы, 2 раза в неделю по 1,5 часа занимались легкой атлетикой (бег, прыжки). В группе № 3 «Контроль 2» (10 чел.) дети занимались физкультурой на занятиях по месту проживания и учебы. Группы были равномерно распределены по полу и возрасту. ABC проводилась в режиме «Антистресс 2» от аппарата AVS-D (НПФ «Диполь-ООО», Республика Беларусь, Витебск) по 10 процедур продолжительностью 24 мин. ЭЭГ записывалась на 16 электродах на электроэнцефалографе «Мицар». Математическая обработка проводилась с помощью встроенных программ спектрального и периодометрического анализа.

Результаты и обсуждение. Визуальный анализ исходных (фоновых) показателей выявил ЭЭГ организованного, а также умеренно дезорганизованного и значительно дезорганизованного типа. Динамика визуальных особенностей ЭЭГ в группах наблюдения при фоновом и заключительном обследовании представлена в таблице 1.

Как следует из приведенных данных, в группе № 1 количество ЭЭГ организованного типа достигло 50 %, при этом у 6 человек вместо ЭЭГ значительно дезорганизованного типа зарегистрирован умеренно дезорганизованный и у 4 – умеренно дезорганизованный трансформировался в организованный тип ЭЭГ. Произошедшее уменьшение десинхронизации биопотенциалов в виде появления более регулярного по частоте альфа-ритма указывает на снижение уровня раздражения (спонтанного раздражения) головного мозга [9], улучшение метаболизма и восстановление нарушенных функций нейронов. В качестве примера на рисунках 1 и 2 отображена динамика ЭЭГ испытуемого К-ра. Так, исходно была зарегистрирована значительно дезорганизованная ЭЭГ с преобладанием на ЭЭГ нерегулярного альфа-ритма, чередующегося с продолжительными фрагментами медленной активности (рисунок 1). После ABC зарегистрирован умеренно дезорганизованный тип ЭЭГ с более регулярным по частоте альфа-ритмом, при этом продолжительность и амплитуда колебаний низкой частоты уменьшились (рисунок 2).

Таблица 1. – Динамика визуальных особенностей ЭЭГ в группах наблюдения (%)

Тип организованности альфа-ритма	Группы наблюдения					
	Группа №1 n=20		Группа №2 n=13		Группа №3 n=10	
	Фоновая ЭЭГ	Закл. ЭЭГ	Фоновая ЭЭГ	Закл. ЭЭГ	Фоновая ЭЭГ	Закл. ЭЭГ
Организованный	30,0	50,0	46,1	38,5	40	30,0
Умеренно дезорганизованный	30,0	40,0	38,5	53,8	40	60,0
Значительно дезорганизованный	40,0	10,0	15,4	7,7	20	10,0
Всего	100	100	100	100	100	100

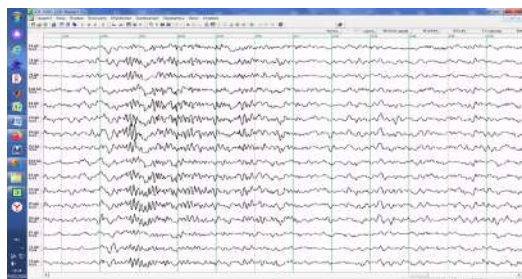


Рисунок 1. – Электроэнцефалограмма К-ра до проведения курса процедур АВС

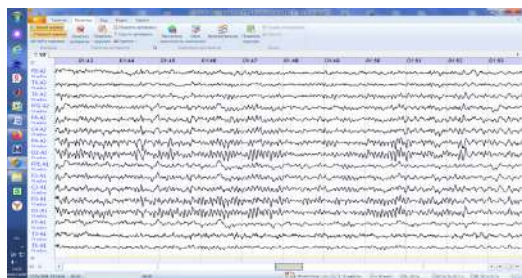


Рисунок 2. – Электроэнцефалограмма К-ра после проведения курса процедур АВС

Известно, что изменения биоэлектрической активности головного мозга сопровождаются широким спектром вегетативных нарушений. Достигнутая под влиянием АВС синхронизация биопотенциалов нейронов головного мозга детей-инвалидов по слуху полностью созвучна полученным нами у этих же детей положительным изменениям пространственно-спектральных и вариационных показателей variability сердечного ритма (ВСР) в виде преобладания парасимпатических влияний (реакции типа «отдых и восстановление» по М.Е. Сандомирскому, 1986, 1991) в состоянии покоя и при ортостатической пробе. Так, отмечены следующие благоприятные изменения: удлинение кардиоинтервалов, что подтверждает выраженность парасимпатической регуляции ритма сердца ($p < 0,05$); снижение величины АМо (процент кардиоинтервалов,

соответствующих значению моды), т. е. повышение лабильности ВСР, свидетельствующее о возрастании активности автономного контура регуляции сердечного ритма; повышение величины ВР (вариационный размах – разница между наибольшим и наименьшим кардиоинтервалом), которая отражает степень вариативности значений кардиоинтервалов, т. е. повышение лабильности ВСР; снижение величин ИН ($p < 0,05$), как показателя меньшего напряжения механизмов регуляции сердечного ритма.

В группах № 2 и № 3 изменения визуальных особенностей ЭЭГ носили разнонаправленный характер (таблица 1). Так, в группе № 2 визуальная картина ЭЭГ улучшилась из 13 только у 3 человек. У 1 – качество ЭЭГ ухудшилось, когда вместо умеренно дезорганизованного ритма были выявлены значительные диффузные изменения корковой ритмики. В группе № 3 из 10 чел. показатели ЭЭГ улучшились у 1 (значительно дезорганизованный тип ЭЭГ уступил место умеренно дезорганизованному), а у 1 испытуемого ЭЭГ ухудшилась: ЭЭГ организованного типа стала умеренно дезорганизованной.

Таким образом, визуальный анализ ЭЭГ выявил приоритет АВС в положительной динамике показателей ЭЭГ. Между тем известно, что визуальный анализ ЭЭГ не дает четких диагностических критериев, т. е. недостаточно информативен и в определенной степени субъективен. Учитывая это, для более точной оценки функционального состояния головного мозга мы использовали компьютерную обработку показателей пространственной структуры биопотенциалов мозга. Главными особенностями спектра компьютерной ЭЭГ в детском возрасте являются два признака: усиление медленной активности и низкая

частота основного ритма (альфа-ритма). Именно показатель динамики максимальных значений мощности альфа-ритма (пиковая частота альфа-ритма) оказался особенно информативным в наших наблюдениях. В качестве оценки другого важного признака зрелости головного мозга – уменьшения количества медленной активности – мы исследовали медленную активность дельта2-диапазона (2–4 Гц), которая по мере созревания мозга замещается активностью тета- и альфа-диапазонов. Динамика пиковой частоты основного ритма (альфа-ритма) в различных группах по сравнению с исходными данными приведена на рисунке 3.

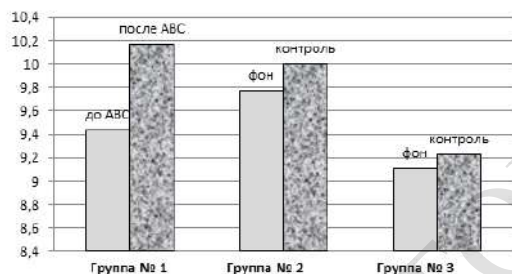


Рисунок 3. – Динамика пиковой частоты (Гц) основного ритма (альфа-ритма) в группах наблюдения

Мы видим, что выраженные положительные изменения в виде повышения пиковой частоты альфа-ритма отмечались в группе № 1, в которой средние значения пиковой частоты альфа-ритма повысились с $9,34 \pm 0,09$ до $10,20 \pm 0,22$ Гц ($p < 0,005$). В группе № 2 они повысились также, но лишь с 9,77 до 10,00 Гц, а в группе № 3 – с 9,11 до 9,23 Гц. В таблице 2 приводятся данные, отражающие групповые тенденции произошедших изменений. При этом значительным улучшением функционального состояния считалось повышение пиковой частоты альфа-ритма на 0,4 Гц и более,

улучшением – повышение на 0,2–0,3 Гц, ухудшением – снижение на 0,2 Гц и более. Изменение менее чем на 0,2 Гц в любую сторону трактовалось как отсутствие динамики.

Таблица 2. – Динамика пиковой частоты альфа-ритма в зависимости от качества произошедших изменений (%)

Степень и качество изменений пиковой частоты альфа-ритма	Группы наблюдения		
	Группа №1 N=20	Группа №2: n=13	Группа №3 n=10
Выраженное улучшение	60	23,1	30
Улучшение	30	23,1	10
Отсутствие изменений	0	30,7	50
Ухудшение	10	23,1	10
Всего	100	100	100

Как следует из приведенных данных, и этот аспект также отражает наиболее выраженные положительные изменения, произошедшие в группе № 1. Так, степени «Значительное улучшение» и «Улучшение» были достигнуты у 90 % человек, тогда, как в группе № 2 такая динамика отмечалась в 46,2 %, а в группе № 3 – в 40 % случаев. Напомним, что угнетение альфа-ритма и повышение медленной активности (чаще за счет дельта- и тета-волн) при глухоте и тугоухости отражает развитие стрессовой реакции [6]. Возрастание пиковой частоты альфа-ритма мы расцениваем как проявление антистрессового воздействия курса процедур ABC и снижения активации ЦНС.

Важнейшей характеристикой ЭЭГ являются индексы медленной активности (ИМА) в узких диапазонах (дельта2, тета1 и тета2), причем ни в одном из этих диапазонов индекс не должен превышать 30 %. [3]. На рисунке 2 приводится динамика индексов дельта2-активности.

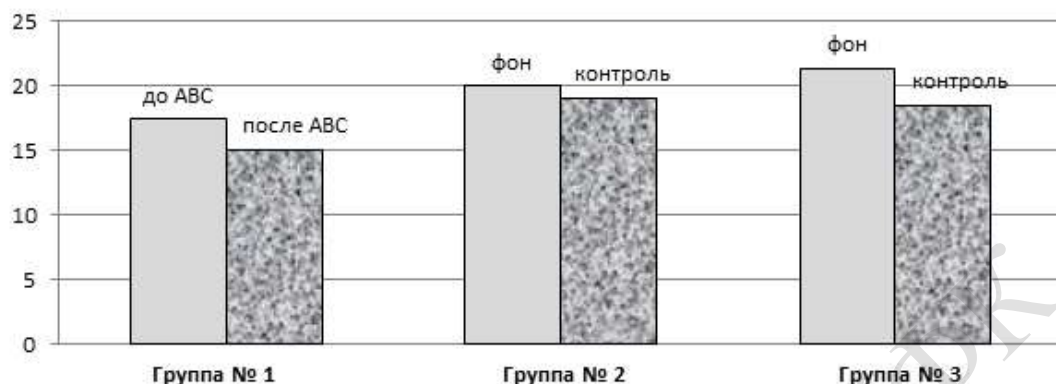


Рисунок 2. – Динамика индексов медленной активности (%) в группах наблюдения

Из рисунка следует, что в среднем ИМА в группе АВС снизился с 17,1 до 15,0 % ($p>0,05$), в группе СПОРТ – с 20 до 19,1 % и в группе контроль-2 – с 22,7 до 18,5 %. Следует отметить, что в группе № 3 ИМА снизился в большей степени, чем в других группах. Отчасти это объясняется тем, что исходные показатели ИМА в этой группе были выше, чем в других группах. В группе № 1 после проведения АВС показатель ИМА снизился несколько в меньшей степени, но он снизился до 15 %, что ниже, чем в других группах, и приближается к нормальным значениям для взрослых людей [10].

По наблюдениям специалистов [3, 10] преобладание медленноволновой активности свидетельствует о функционировании нервной системы преимущественно по тормозному типу в ответ на стрессовую реакцию как ответ ЦНС на отсутствие важнейшего сенсорного входа информации при нейросенсорной тугоухости.

Произошедшие изменения показателя ИМА нами трактуется как отображение улучшения метаболических процессов и повышения активизирующих влияний ствола головного мозга. Таким

образом, полученные результаты указывали на приоритетное использование режима «Антистресс 2» для дальнейших АВС-тренингов детей-инвалидов по слуху.

Заключение. В данной публикации представлен фрагмент исследования, предпринятого в 2019–2020 гг.

ЭЭГ является одним из распространенных методов оценки функционального состояния головного мозга, причем, спектральный анализ ЭЭГ отображает характер интегративной деятельности мозговых структур. Визуальный анализ исходных (фоновых) показателей выявил ЭЭГ организованного типа только у 16 из 43 детей, у остальных наблюдалась различная степень дезорганизации биоэлектрической активности нейронов головного мозга.

Патологические компьютерные ЭЭГ-признаки (снижение пиковой частоты альфа-ритма ниже предельно допустимого значения 9,15 Гц; нарушение частотно-пространственной структуры альфа-ритма в виде инверсии; превышение предельно допустимых значений ИМР и др.) были выявлены у 27 человек из 43 (62,8 %). По современным представлениям это свидетельствует о функ-

циональной недостаточности нейронов коры, снижении ее эфферентных влияний на глубинные церебральные структуры (лимбическую систему) и повышении активности, что у депривированных по слуху детей проявляется в виде развития перманентного стрессового состояния [5, 7, 11].

Применение курса из 10 процедур АВС в режиме «Антистресс 2» от аппарата AVS-D приводило к улучшению показателей ЭЭГ как при визуальном, так и компьютерном анализе ЭЭГ (уменьшение десинхронизации биопотенциалов, повышение максимальных значений мощности альфа-ритма, уменьшение медленноволновой активности).

Произошедшие изменения нами трактуется как отображение улучшения метаболических процессов и повышения активизирующих влияний ствола головного мозга. Таким образом, полученные результаты указывают на приоритетное использование режима «Антистресс 2» для дальнейших АВС-тренингов детей-инвалидов по слуху.

Сравнительный анализ, как указывалось выше, показал благоприятную динамику показателей variability сердечного ритма. Эти результаты, а также данные о динамике психофизиологических показателей, данных компьютерной стабилотрии и спортивного тестирования будут отображены в последующих публикациях.

1. Крамаренко, А. Л. Методика повышения двигательной активности глухих младших школьников на основе использования средств аудиовизуального воздействия : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / А. Л. Крамаренко ; Дальневост. гос. акад. физ. культуры. – Хабаровск, 2009. – 23 с.
2. Айзман, Р. И. Эффективность влияния однократной и продолжительной аудиовизуальной стимуляции на variability сердечного ритма и механизмы вегетативной регуляции у спортсменов-цикликов / Р. И. Айзман, М. С. Головин // Бюллетень сибирской медицины. – 2014. – Т. 13. – № 6. – С. 113–119.
3. Жирмунская, Е. А. Атлас классификации ЭЭГ / Е. А. Жирмунская. – М., 1996. – 259 с.
4. Мисюк, Н. Н. Диагностическая эффективность и основные принципы классификации электроэнцефалограмм / Н. Н. Мисюк // Медицинские новости. – 2006. – № 1. – С. 24–33.
5. Фишман, М. Н. Функциональное состояние головного мозга детей с нарушением слуха и трудностями формирования речевого общения / М. Н. Фишман. – М. : Экзамен, 2004. – С. 3–7.
6. Бутова, О. А. Биоэлектрическая активность нейронов головного мозга юношей с нейросенсорной тугоухостью и глухотой / О. А. Бутова, Д. А. Чернова // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – № 4. – С. 27–39.
7. Гафиятуллина, Г. Ш. Патогенетические особенности физического и психофизиологического развития слабослышащих детей / Г. Ш. Гафиятуллина, Е. В. Трофимова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 53–58.
8. Черныш, Н. Н. Распространенность нейросенсорной тугоухости у детей Челябинской обл. Основные направления профилактики, абилитации и реабилитации в условиях специального коррекционного образовательного учреждения : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.09 / Н. Н. Черныш ; Челябинская государственная медицинская академия. – Челябинск, 2004. – 28 с.
9. Лебедева, И. С. ЭЭГ-маркеры функционального состояния головного мозга у детей с амблиопией на фоне лечения нейропептидами / И. С. Лебедева, И. Е. Хаценко // Российская детская офтальмология. – 2017. – № 2. – С. 27–32.
10. Мисюк, Н. Н. Когерентный анализ ЭЭГ в диагностике органических неврозоподобных расстройств и расстройств, связанных со стрессом / Н. Н. Мисюк, Т. В. Докукина, М. Ф. Минзер // Функциональная диагностика. – 2011. – № 2. – С. 65–76.
11. Шкуропат А. В. Когерентный анализ ЭЭГ тугоухих подростков / А. В. Шкуропат // Нейрофизиология. – 2010. – 42, № 3. – С. 263–274.