

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ШКОЛА №103» С УГЛУБЛЕННЫМ ИЗУЧЕНИЕМ ИНОСТРАННЫХ
ЯЗЫКОВ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОД УФА
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЦЕНТР НАУКИ, ИННОВАЦИЙ И
ТВОРЧЕСТВА «РОСТОК»
ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОД УФА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

НА ТЕМУ:

**Анализ ЭЭГ-активности и когнитивных функций мозга при звуковом
воздействии различного характера**

Выполнила:

Мисюкова Виктория Юрьевна
Ученица 10 класса Школы №103
Научный руководитель:
к.б.н., ПДО ЦНИТ «Росток»
Леушкина Наталья Федоровна,
Учитель биологии Школы №103
Новикова Елена Николаевна

УФА-2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	5
1.1. Характеристика ЭЭГ-активности мозга, виды ритмов характерные для определенных зон и состояний организма	5
1.2. Влияние различных звуковых сигналов, в том числе музыки разных направлений, на функциональное состояние организма и когнитивные способности человека	8
1.3. Память человека как важнейшая когнитивная функция, ее виды, особенности формирования, в т.ч. при наличии сторонних факторов	10
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	12
2.1. Объекты исследования	12
2.2. Методы исследования	12
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	15
3.1. Анализ кратковременной памяти подростков при предъявлении звуковых стимулов различного характера	15
3.2. Спектральный анализ ЭЭГ лобной доли коры больших полушарий подростков при прослушивании различных звуковых стимулов	17
3.3. Математический анализ влияния различных звуковых стимулов на отдельные характеристики ритмов ЭЭГ лобной доли коры больших полушарий подростков	22
ВЫВОДЫ	26
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	28

ВВЕДЕНИЕ

Подростковый возраст охватывает периоды 14- 16 лет и является одним из самых сложных и ответственных в жизни человека. Этот возраст считается по психо-физиологическим характеристикам наиболее кризисным, поскольку здесь формируются все резкие качественные изменения, которые затрагивают все сферы развития личности. Многие изменения связаны с перестройками в организме. В этот период проявляется эмоциональная неустойчивость, связанная с переменчивым гормональным фоном. Она выражается в резких перепадах настроения, наличие мотивационных ориентиров и отношения к ним. В такой период очень тонко ощущается малейшее сенсорное и шумовое воздействие, на фоне которого характерны эмоциональные перемены. Также, в данный период у подростков высока степень умственной нагрузки, что в сочетании с внешними раздражающими факторами может привести к дополнительным психоэмоциональным срывам.

Согласно современным данным, музыка и шум различного характера, благодаря ритму и темпу, способны оказывать неоднозначное влияние на все живые организмы, в том числе и на человека, особенно в подростковый период развития [8]. Так, имеются литературные данные о благотворном и расслабляющем влиянии на человека классической музыки, и негативном и возбуждающем влиянии рок-музыки. Последняя якобы даже формирует социальную отчужденность [9,10]. Помимо музыкального воздействия, в современном городе миллионнике существует еще большое количество шумов, которые человек ежедневно слышит и пропускает сквозь собственные анализаторы и нервные центры. Учитывая все перечисленное выше, нам стало интересно провести анализ влияния различного характера шумов на когнитивные функции лиц подросткового возраста и характеристики их ЭЭГ-кривых лобной доли коры больших полушарий, исходя из чего была сформирована цель работы.

Целью настоящей работы стало изучить влияние различных звуковых стимулов на ЭЭГ-активность лобной доли коры больших полушарий и кратковременную память подростков

Поставленная цель была достигнута при помощи решения следующих **задач:**

1. Оценить кратковременную память подростков путем предъявления числовых комбинаций во время прослушивания различных звуковых стимулов
2. Выполнить спектральный анализ ЭЭГ лобной доли коры больших полушарий подростков при прослушивании различных звуковых стимулов
3. Провести анализ влияния различных звуковых стимулов на характеристики ритмов лобной доли коры больших полушарий обучающихся старшей школы

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Характеристика ЭЭГ-активности мозга, виды ритмов характерные для определенных зон и состояний организма

Головной мозг находится в полости черепа, мозговая поверхность покрыта и защищена непосредственно костями черепа. Череп покрыт тонкой кожной оболочкой, называемой скальпом. Нейроны коры головного функционально связаны друг с другом, а также с другими отделами мозга. Электрическая активность в виде нервных импульсов, посылаемых и получаемых корковыми нейронами, постоянно присутствует в коре больших полушарий, даже во время сна. В биологическом смысле (как и в медицинском, и в юридическом) отсутствие электрической активности в коре головного мозга человека означает смерть. К функциям коры больших полушарий относятся абстрактное мышление, сознание, произвольный и непроизвольный контроль скелетных мышц, распознавание и дифференциация раздражений, поступающих из окружающей внешней и внутренней среды. Отдельные части коры воспринимают и анализируют разные виды информации. Например, затылочная доля больших полушарий обрабатывает зрительную информацию, а теменная доля - соматосенсорную информацию, как, например восприятие боли или температуры (Рис. 1).



Рис. 1. Отделы коры больших полушарий и мозжечок [1]

Каждый отдел больших полушарий бодрствующего человека занят получением, интеграцией и передачей множества импульсов. Так как кора головного мозга находится сразу под черепом, электроды, расположенные на коже головы над различными отделами коры, могут обнаружить электрическую активность, связанную с функционирующими нейронами. Регистрация суммарной электрической активности клеток полушарий мозга называется электроэнцефалограммой или ЭЭГ (electro -электрический, encerephelo = мозг, gram = запись). С помощью электроэнцефалографии можно зарегистрировать четыре основных периодических ритма - альфа, бета, дельта

и тета - связанных с различными состояниями мозга. Эти ритмы характеризуются определенной частотой (герц или цикл/сек) и амплитудой (мкВ). (Таблица 1, рис. 2).

Таблица 1

Типовые частоты и амплитуды синхронизированных волн мозга

Ритм	Типовая частота (Герц)	Типовая амплитуда (мкВ)
альфа	8-13	20-200
Бета	13-30	5-10
дельта	1-5	20-200
тета	4-8	10
гамма	>40	20

Примечания: Представленные в таблице данные - величины, заданные установочными клиническими параметрами. В помещении лаборатории амплитуды могут быть намного ниже [1].

Альфа-ритм - ЭЭГ взрослого человека в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами наблюдается в полосе частот от 8 до 13 Гц, средняя амплитуда волн - 30-70 мкВ, могут, однако наблюдаться высоко- и низкоамплитудные α -волны. Альфа-ритм регистрируется у 85-95% здоровых взрослых, лучше всего выражен в затылочных отделах [1].

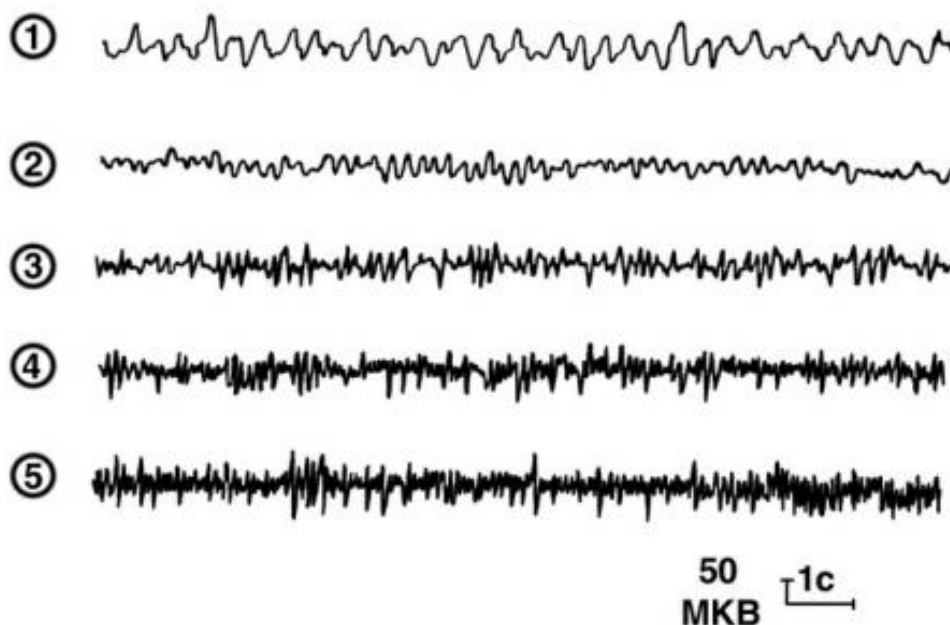


Рисунок 2. Различные физиологические ритмы электроэнцефалограмм: 1 — дельта (Δ)- ритм; 2 — тета (θ)-ритм; 3 — альфа (α)-ритм, 4 — бета (β)-ритм; 5 — гамма (γ)-ритм.

Для этого ритма характерно возникновение спонтанных изменений амплитуды (модуляции α -ритма), выражающихся в чередующемся нарастании и снижении амплитуды волн с образованием так называемых «веретён», длительность которых чаще всего колеблется от 2 до 8 сек. Блокируется или ослабляется при повышении внимания (в особенности зрительного) или мыслительной активности. Интересно, что: - средние частоты альфа-волн у женщин обычно немного выше, чем у мужчин - амплитуды альфа-волн гораздо выше у "выдающихся" людей - частота альфа-волн может влиять на скорость «запоминания» во время тестов на память и может быть выше приблизительно на 1 Гц у быстро считающих людей по сравнению с теми, кто считает медленно - амплитуды альфа-волн обычно выше у общительных людей, экстравертов - при гипервентиляции общая электрическая активность возрастает и растёт амплитуда альфа-ритмов. При переходе к активному бодрствованию в ЭЭГ обычно наблюдается картина десинхронизации корковой ритмики, появление высокочастотных низкоамплитудных нерегулярных колебаний. Бета-ритм наблюдается у активно бодрствующих индивидов, которые возбуждены или напряжены умственно, и также возникают во время глубокого сна, в фазе REM (Rapid Eye Movement) - быстрого сна, когда наблюдаются быстрые движения глаз. Амплитуда бета-ритмов обычно ниже, чем альфа-ритмов, что связано с десинхронизацией альфа-волн.

Дельта- и тета-ритмы - это низкочастотные ЭЭГ ритмы, которые обычно возникают во время медленного сна (во время которого отсутствуют быстрые движения глаз), когда люди переходят от начальной стадии сна к глубокой (до фазы REM). Дельта и тета - ритмы также могут регистрироваться и у бодрствующих людей во время эмоциональных реакций на негативные ситуации или события или во время напряжённой умственной деятельности, требующей особой сосредоточенности. ЭЭГ у детей отличается от таковой у взрослого человека. По мере развития нервной системы ЭЭГ, зарегистрированная у 3-4 месячного ребёнка, начинает напоминать ЭЭГ взрослого. У детей в возрасте 3-4 месяцев частотный диапазон ЭЭГ составляет 3-4 Гц, тогда как средняя частота ЭЭГ у взрослого - около 10 Гц. К моменту, когда ребёнку исполняется 1 год, частота ЭЭГ достигает 6 Гц, к 3 годам - 8 Гц, а к 13-14 годам (половое созревание), средняя частота приближается к 10 Гц (как у взрослых) [2,3].

1.2. Влияние различных звуковых сигналов, в том числе музыки разных направлений, на функциональное состояние организма и когнитивные способности человека

Согласно литературным сведениям, каждое направление в музыке появлялось и характеризовало конкретное настроение и потребность человека на момент времени.

Музыка разных направлений способна оказывать на человека влияние: классическая музыка оказывает расслабляющее, успокаивающее влияние; рок музыка оказывает негативное воздействие, побуждает человека к агрессивному поведению, ослабляет самоконтроль; духовная музыка благотворно влияет на развитие творческих способностей; положительным влиянием на мозговую деятельность обладают гамма- ритмы.

В формировании человека как личности особенно важен подростковый период (14-16 лет), который также называется кризисным. Поведение подростка связано не только с психологическими изменениями, но и с изменениями, которые происходят в организме в целом. Данный период характеризуется сильной эмоциональной неустойчивостью, меняется представление о многих вещах и поступках, а также изменяются музыкальные предпочтения.

Само же физиологическое воздействие музыки объясняется тем, что нервная система и мускулатура обладают способностью улавливать и усваивать ритм. Как ритмический раздражитель музыка стимулирует физиологические процессы организма, которые протекают ритмично в вегетативных и двигательных системах. Каждый орган резонирует на определенной частоте и соответствует определенной ноте, когда же резонанс нарушается, это может приводить к проблемам в работе органа, что в некоторых случаях приводит к летальному исходу. Музыка и здоровье человека неразрывно связаны друг с другом и это подтверждают многочисленные исследования в данной области. Так, в зависимости от ритма у человека может появиться большое количество энергии или же наоборот, нежелание что-либо делать.

Если рассматривать эмоциональную зависимость человека от раздражителя, то они будут равносильны: мажорные тональности вызывают счастье и радость, минорные же- чувство грусти и апатию, быстрые, пульсирующие ритмы и диссонансы вызывают негативные эмоции и агрессию, а мягкие ритмы и консонансы действуют умиротворяюще.

Чтобы уменьшить эмоциональное напряжение можно слушать мелодии, обладающие расслабляющим действием- это игра на фортепиано, на флейте, также подобным эффектом обладают практически все звуки природы (шум леса, моря, капель дождя, пение птиц) [13,14].

1.3. Память человека как важнейшая когнитивная функция, ее виды, особенности формирования, в т.ч. при наличии сторонних факторов

Память-способность организма к приобретению, сохранению и воспроизведению в сознании полученной информации.

Биологическое значение памяти очень велико, ведь без нее ни одна особь и вид не смогли бы выжить из-за невозможности планирования действий и возможности избегания ошибок. Также было обнаружено, что из большого количества информации запоминается лишь малая часть, которая составляет ничтожную долю всей сенсорной памяти. В том числе существуют механизмы

отбора и забывания информации без которых мы были бы перегружены её нескончаемым потоком.

Всего выделяют 2 вида нейробиологической памяти: генотипическую или же врожденную, которая отвечает за сохранение инстинктов и фенотипическую память- это та информация, которую человек приобретает в процессе индивидуального развития. Также память различают по формам восприятия (логически-смысловая, чувственно-образная-это зрительная, слуховая и моторная), по длительности хранения (кратковременная, промежуточная и долговременная память) и по уровням усвоения (воспроизводящая и облегчающая). Основу онтогенетической памяти составляют условные рефлексы и другая приобретенная информация.

Исходя из длительности хранения информации выделяют: первичная память- несколько секунд, вторичная- от нескольких минут до нескольких лет и третичная- всю жизнь, но также эта классификация содержит множество противоречий, так как учитывает не все временные интервалы.

Основу долговременной памяти составляют структурные изменения в самих нейронах. Её отличительными особенностями являются длительность и безграничный объем. В отличие от других видов памяти долговременная не нарушается во время экстремальных воздействий. Данный тип памяти формируется с помощью механизмов промежуточной и кратковременной памяти с изменением в синапсах и отростках нейронов, а также синтезом белка.

Наличие кратковременной памяти доказал своими опытами немецкий психолог Г. Эббингаус (1885), который изучал показатель эффективности запоминания человеком рядов случайных цифр, символов и знаков. Ученый впервые установил, что возможно воспроизвести случайный набор цифр, символов и знаков после одного чтения или прослушивания без ошибок в строго определенном количестве единиц.

Главной особенностью кратковременной памяти является её непродолжительность, ведь длительность хранения информации лишь несколько секунд, а её объем составляет 7 ± 2 единицы.

В основе механизма кратковременной памяти лежит передача импульса нейронами по замкнутым нейронным цепям [11,13].

Для запоминания информации служат две структуры мозга: различные уровни коры большого мозга (кроме лобной)- это модально- специфический уровень и гипоталамус, таламус, гиппокамп, лобная кора и стволовая ретикулярная формация составляют неспецифический уровень. Записи физиологических показателей мозга и его электрическая стимуляция свидетельствуют о наличии организации по определенному принципу и наличии множества систем, которые обеспечивают различные виды, формы и фазы памяти. Результаты исследований привели к представлению о существовании кольцевой системы: гиппокамп- гипоталамус- ретикулярная формация. Через данную систему новая кора осуществляет процессы саморегуляции и регуляцию других мозговых систем.

Исходя из вышесказанного, в основе механизмов памяти лежит пластические процессы (длительное изменение свойств нейрона) в синаптическом аппарате и в самой соме нейрона [2,7].

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объекты исследования

В исследовании приняли участие 22 человек в возрасте от 16-17 лет. Все подростки обучаются в 10 классе МБОУ Школа №103 с углубленным изучением иностранных языков. Запись электроэнцефалограммы с лобной доли коры больших полушарий проведена в период с 8.00 до 10.00 в будний день на территории школы. Среди участников исследования было 3 юношей и 19 девушек. Тестирование на определение объема кратковременной памяти во время предъявления различных звуковых стимулов проводилось до регистрации ЭЭГ-сигналов. Все подростки были здоровы, хорошо себя чувствовали, не испытывали потребности в еде и воде. В Гугл-таблице был составлен поименный список обследованных с занесением туда полученных числовых данных и характеристикой самочувствия.

2.2. Методы исследования

Методика анализа кратковременной памяти. Анализ кратковременной памяти проводился при помощи онлайн тестирования: «Тест на кратковременную память».

Испытуемому требовалось пройти тест, состоящий из различной комбинации 12 чисел. После обновления страницы у человека было 20 секунд, чтобы запомнить последовательность чисел, а после вписать запомнившиеся последовательности в пустые окошки. Всего подобный алгоритм нужно было выполнить 5 раз под различное музыкальное сопровождение: в тишине, рок, классическая музыка, шум улицы и гамма- ритмы. Полученные результаты были внесены в таблицу.

Методика записи электроэнцефалограммы. Запись ЭЭГ кривой в период предъявления различных звуковых сигналов проводилась при помощи учебной лаборатории ViTronicsLab.

Лаборатория ViTronicsLab- уникальный комплекс для изучения физиологии, человеко- машинного взаимодействия и нейротехнологий для естественно- научного и инженеро- биологического направлений. В состав комплекса входят методические материалы, набор сенсоров для регистрации биосигналов человека, программное обеспечение для визуализации и обработки данных.

Процесс записи ЭЭГ кривой. На голову испытуемого надевалась специальная шапочка с прикрепленными к ней электродами, которые регистрировали электрическую активность лобной доли коры больших полушарий головного мозга. Датчик с электродами представлен на рисунке 3. Во время проведения эксперимента, испытуемый сидел в наушниках и

последовательно прослушивал мелодии различного жанра по 30 секунд каждая (рок, классическая музыка, шум улицы и гамма- ритмы) с закрытыми глазами. Каждая новая мелодия обозначалась сигналом кнопки. После прослушивания каждой мелодии был отдых в виде 15 секунд тишины. По окончании эксперимента запись сохранялась в виде файла с последующей математической обработкой. На рисунке 4 изображен процесс регистрации ЭЭГ во время прослушивания различных мелодий у подростков. Каждая мелодия далее была обозначена нами как Мелодия 1, Мелодия 2, Мелодия 3 и Мелодия 4.



Рисунок 3. Датчик ЭЭГ с электродами лаборатории ViTronicsLab



Рисунок 4. Регистрация ЭЭГ-активности лобной доли при прослушивании различных мелодий.

С помощью маркеров на ЭЭГ-кривой мы автоматически определяли следующие параметры: STD – среднеквадратичное отклонение; MAX- максимальное значение амплитуды кривой; MIN-минимальное значение амплитуды кривой, AVE – среднее значение амплитуды, $d(x)$ - разница x_1-x_0 , а также спектр частотной области ЭЭГ кривой. Все эти параметры выписывались и заносились в таблицу Excel.

Методика математической обработки данных. Статистический анализ результатов и анализ результатов исследования проведены на персональном компьютере с использованием пакетов программ Excel (Microsoft, США). Для количественных показателей были рассчитаны минимальные и максимальные значения, среднее значение, ошибка среднего, стандартное отклонение. В работе использованы следующие статистические методы для сравнения количественных показателей – непараметрический критерий Манна-Уитни. Его подсчет производился онлайн на сайте <https://www.psychol-ok.ru/statistics/mann-whitney/>. Статистически значимыми считались различия между показателями при уровне вероятности $p < 0,05$. При значении $p < 0,01$ – значимость различий считалась высокой. При значении $p < 0,001$ – равной 99,9%.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Анализ кратковременной памяти подростков при предъявлении звуковых стимулов различного характера

Анализ кратковременной памяти проводился при помощи онлайн тестирования и представлял собой процесс воспроизведения чисел. Тест проводился в тишине, при предъявлении рока (Мелодия 1), классики (Мелодия 2), шума улицы (Мелодия 3), воспроизведения гамма ритма (Мелодия 4). Средние значение по группе по каждому типу шумового воздействия представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Сравнительный анализ кратковременной памяти подростков в период шумового воздействия различного характера

	Мелодия 1	Мелодия 2	Мелодия 3	Мелодия 4
Тишина	7,8±0,42	7,8±0,42	7,8±0,42	7,8±0,42
Мелодии 1-4	5,80±0,53	5,61±0,52	5,82±0,47	5,31±0,65
Манна-Уитни	16,5	14,5	14	15
Уровень значимости	P<0,01	P<0,01	P<0,01	P<0,01

Примечание: жирным шрифтом выделены показатели, при сравнении которых нами были обнаружены значимые различия

Как видно из таблицы, кратковременная память подростков при выполнении теста в тишине имела свое максимальное значение и была равна 7,8±0,42 чисел. С данным показателем мы затем сравнивали все значения, полученные нами при прослушивании различных мелодий. Во время прослушивания рок-мелодии (Мелодия 1), в среднем подросткам удавалось запомнить только 5,80±0,53 чисел из 12, что значительно меньше среднего показателя количества воспроизведенных чисел подростками в тишине. Данные показатели различались между собой при среднем уровне различий, когда $p < 0,01$. Далее, мы сравнили объем кратковременной памяти подростков при прослушивании классической музыки с объемом памяти в тишине. При

прослушивании классики подростки запоминали в среднем $5,61 \pm 0,52$ чисел, что также было значительно меньше по сравнению с объемом памяти в тишине. Следует отметить, что данный показатель был несколько меньше показателя во время прослушивания рок-музыки. Возможно, это связано с тем, что классику подростки не слушали вообще, в отличие знакомой рок-мелодии.

В период воспроизведения шума улицы мы наблюдали уже некоторое повышение объема кратковременной памяти. Но по сравнению с тишиной этот показатель также был значительно ниже и составлял $5,82 \pm 0,47$ чисел. Шум улицы постоянное и довольно распространенное шумовое воздействие, особенно для городских подростков, поэтому данный показатель был самым высоким среди средних значений объемов памяти, полученных при прослушивании всех четырех мелодий. Самое минимальное среднее значение по объему кратковременной памяти было получено при прослушивании подростками бинаурального гамма-ритма. Гамма-ритм – это высокочастотный шум, способствующий усилению концентрации внимания, сонатройке мозга и полное включение в активную мыслительную деятельность.

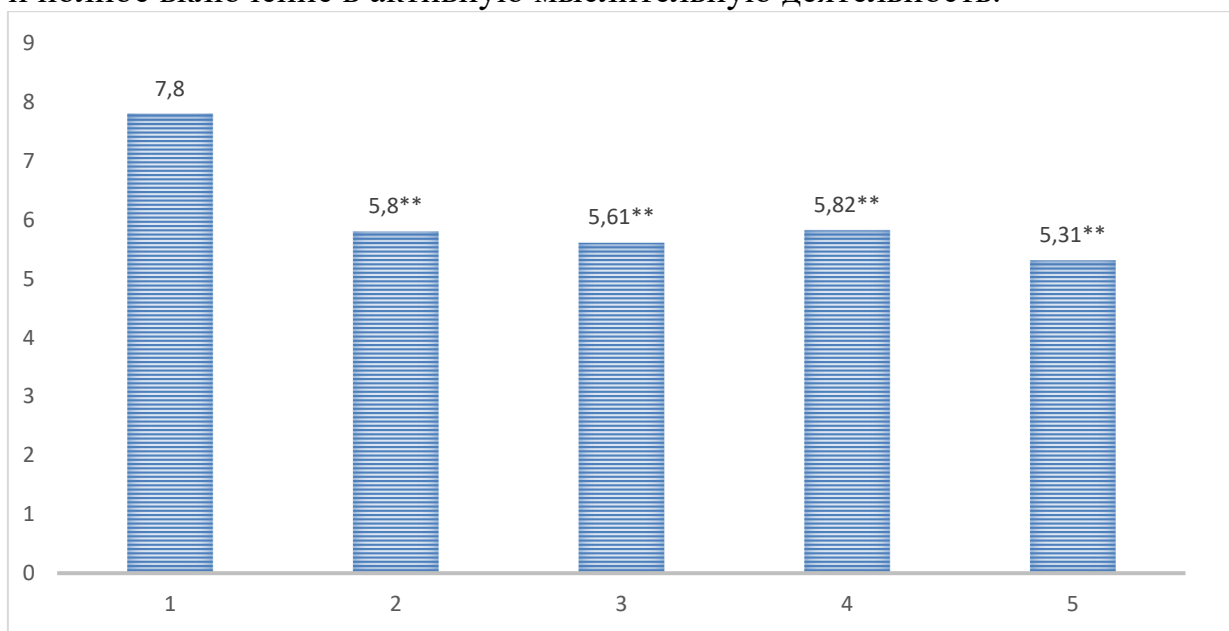


Рисунок 5. Сравнительный анализ средних значений кратковременной памяти подростков при прослушивании различных шумов (1- тишина; 2 – рок-музыка; 3 – классическая музыка; 4 – шум улицы; 5- гамма-ритм; ** отличия при уровне значимости $p < 0,01$).

Подростки отметили, что данный шум был им не приятен и не знаком. В результате проведения теста под гамма-ритм, мы получили минимальное значение среднего показателя кратковременной памяти $5,31 \pm 0,65$. Этот показатель был значительно ниже показателя кратковременной памяти в тишине ($p < 0,01$). На рисунке 5 представлена диаграмма со средними значениями кратковременной памяти у подростков при всех условиях эксперимента.

По итогам проведения тестирования на выявления объемов кратковременной памяти у подростков при шумовом воздействии было показано, что максимальный объем воспроизводимой информации возможен в полной тишине. Во время прослушивания различных мелодий объем памяти

значительно снижался. При этом характер шумового воздействия практически не имел значения, но нами были обнаружены минимальные объемы кратковременной памяти при прослушивании классической музыки и бинаурального гамма-ритма.

3.2. Спектральный анализ ЭЭГ лобной доли коры больших полушарий подростков при прослушивании различных звуковых стимулов

Во второй части исследования нами проводилась запись ЭЭГ-кривой с лобной доли коры больших полушарий. Испытуемые подростки сидели спокойно с закрытыми глазами. Сначала была произведена запись в тишине, далее подросткам предъявляли 4 мелодии с перерывом между ними - рок (Мелодия 1), классическая музыка (Мелодия 2), шум улицы (Мелодия 3), бинауральный гамма-ритм (Мелодия 4). Далее, по каждой кривой в каждом диапазоне записи производился математический анализ диапазона частот (x_0 - x_1) и анализ частоты (X_d), в котором было расположено максимальное количество пиков на каждом отрезке – тишина, мелодии 1-4. Спектральный анализ представлен на рисунках 6-10.

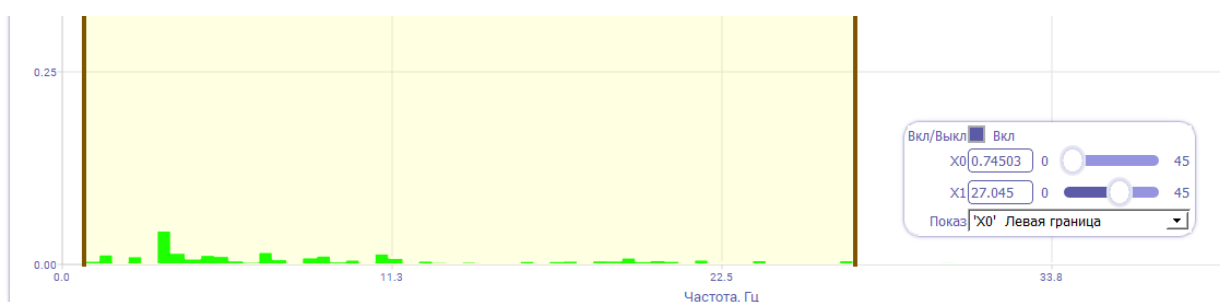


Рисунок 6. ЭЭГ спектр в тишине с закрытыми глазами.

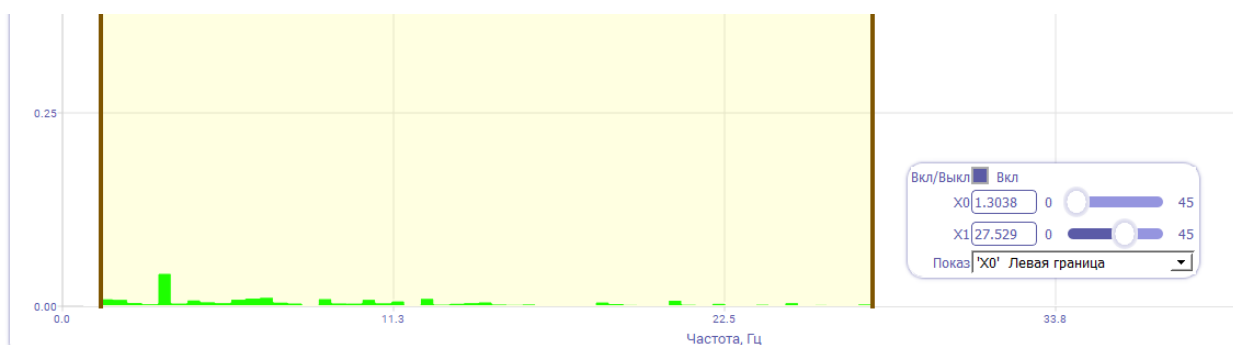


Рисунок 7. ЭЭГ спектр при прослушивании рок-музыки с закрытыми глазами

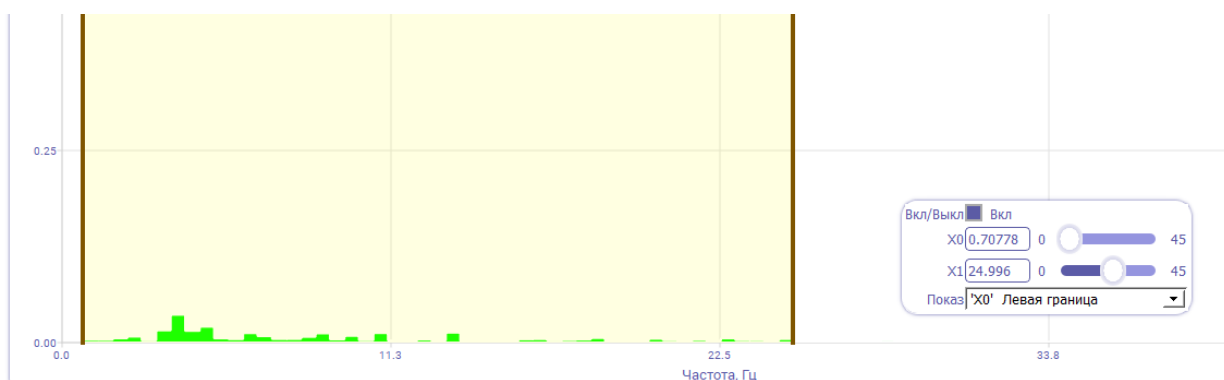


Рисунок 8. ЭЭГ спектр при прослушивании классической музыки

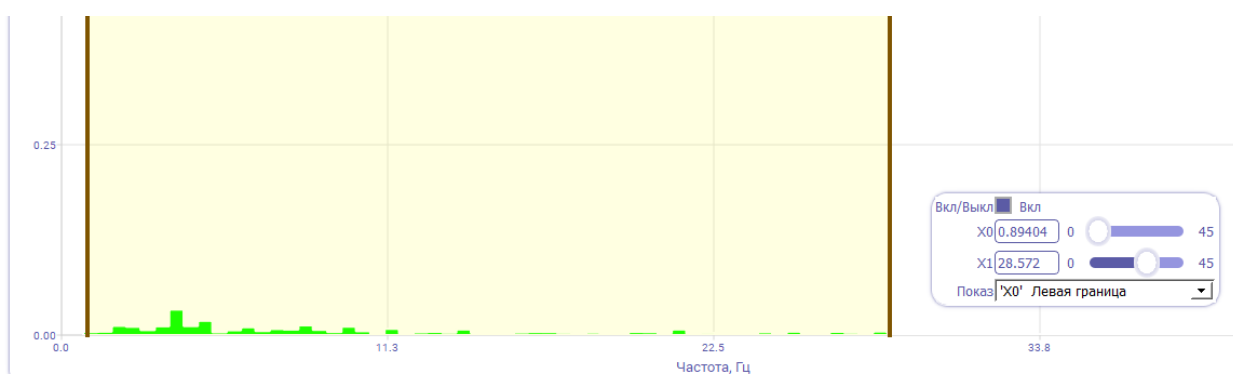


Рисунок 9. ЭЭГ спектр при прослушивании шума улицы

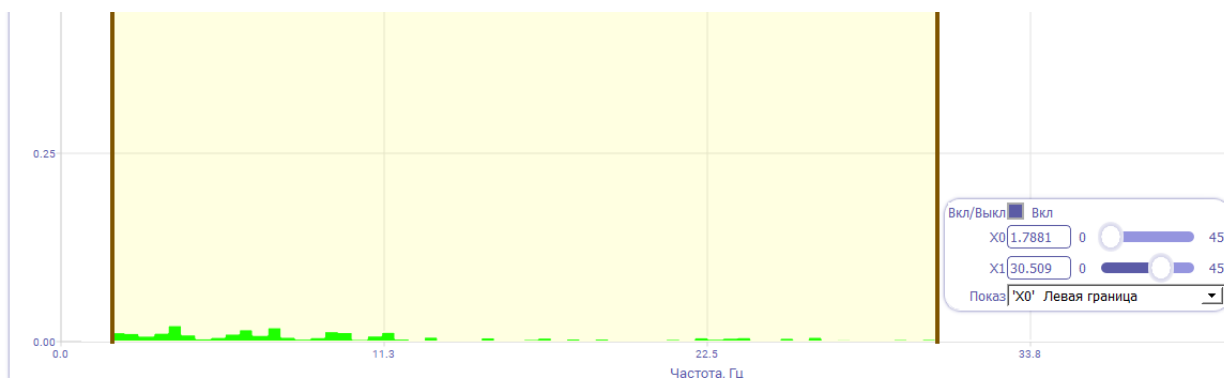


Рисунок 10. ЭЭГ спектр при прослушивании бинаурального гамма-ритма

Из рисунков выше можно наблюдать основной спектр частот, в котором располагался ЭЭГ ритм в период прослушивания той или иной мелодии. Данный спектр мы ограничивали с двух сторон коричневыми линиями и проводили подсчет среднего значения начального диапазона спектра, конечного диапазона спектра и средней частоты, на которой находилось большинство пиков в каждом отрезке.

При изучении диапазона спектров, максимальна ширина спектра наблюдалась нами во время прослушивания бинаурального гамма-ритма, а также прослушивания шума улицы. Наименьший частотный диапазон наблюдался при прослушивании классической музыки. На рисунке в правом углу изображены начальная (x0) и конечная (x1) границы диапазона. Во всех

случаях на спектре преобладали альфа- и бета-ритмы, присутствовали также дельта- и тета-ритмы, и лишь в последнем случае, при прослушивании гамма-ритма, на спектре мы наблюдали высокочастотные волны больше 30 Гц.

В таблицах 3.2-3.4 проведен сравнительный анализ средних значений начальных и конечных диапазонов спектра, а также среднего значения наиболее встречаемой частоты на данном отрезке. Как видно из таблицы 3.2., среднее значение начального диапазона спектра в тишине было равно $2,69 \pm 0,29$ Гц. В случаях предъявления какой-либо из мелодий это значение повышалось. Значительное повышение начальной частоты было отмечено при прослушивании рок-музыки, различия наблюдались при уровне $P < 0,01$, а также при прослушивании шума улицы ($P < 0,05$). В случае прослушивания классической музыки и гамма ритма значимых различий с тишиной не было.

Таблица 3.2.

Сравнительный анализ средних значений начала спектрального диапазона частот (x_0) при прослушивании различных мелодий

	Мелодия 1	Мелодия 2	Мелодия 3	Мелодия 4
Тишина	$2,69 \pm 0,29$	$2,69 \pm 0,29$	$2,69 \pm 0,29$	$2,69 \pm 0,29$
Мелодии 1-4	$3,94 \pm 0,34$	$3,29 \pm 0,31$	$3,59 \pm 0,32$	$3,18 \pm 0,29$
Манна-Уитни	35	60	47	61
Уровень значимости	$P < 0,01$	$P > 0,01$	$P < 0,05$	$P > 0,01$

Примечание: жирным шрифтом выделены показатели, при сравнении которых нами были обнаружены значимые различия

Таким образом, в тишине на спектрограмме присутствовали ритмы, характерные для дельта-ритма, при прослушивании рок-музыки и шума улицы спектр начинался с тета-частот. При прослушивании классики и гамма-ритма на ЭЭГ также наблюдались фазы дельта-ритма. Можно сказать, что рок-музыка и шум улицы повышают начальную частоту, активизируя тем самым лобную долю коры.

Таблица 3.3.

Сравнительный анализ средних значений конца спектрального диапазона частот (x_1) при прослушивании различных мелодий

	Мелодия 1	Мелодия 2	Мелодия 3	Мелодия 4
Тишина	$22,72 \pm 1,66$	$22,72 \pm 1,66$	$22,72 \pm 1,66$	$22,72 \pm 1,66$
Мелодии 1-4	$22,51 \pm 1,58$	$22,93 \pm 1,62$	$23,41 \pm 1,54$	$23,73 \pm 1,63$
Манна-Уитни	81	79	78	75,5
Уровень значимости	$P > 0,01$	$P > 0,01$	$P > 0,01$	$P > 0,01$

Сравнительный анализ средних значений конца диапазона не обнаружил значимых различий между средним значением в тишине и при прослушивании всех четырех мелодий (Таблица 3.3.). На наиболее высокое среднее значение

конца диапазона наблюдалось при прослушивании бинаурального гамма-ритма и достигало $23,73 \pm 1,63$, при этом оставаясь на бета-частоте.

Далее, нами был проведен математический анализ средних значений частоты, наиболее проявленной при прослушивании различных мелодий. В тишине большее количество колебаний было на частоте $5,42 \pm 0,41$, при прослушивании рок-музыки $6,01 \pm 0,52$, при прослушивании классики $6,63 \pm 0,49$, шума улицы $6,78 \pm 0,53$, гамма-ритма $6,41 \pm 0,39$. Значимо отличались от тишины частоты кривой при прослушивании шума улицы, классической музыки и гамма-ритма.

Таблица 3.4.

Сравнительный анализ средних значений частоты (X_d), наиболее проявленной при прослушивании различных мелодий

	Мелодия 1	Мелодия 2	Мелодия 3	Мелодия 4
Тишина	$5,42 \pm 0,41$	$5,42 \pm 0,41$	$5,42 \pm 0,41$	$5,42 \pm 0,41$
Мелодии 1-4	$6,01 \pm 0,52$	$6,63 \pm 0,49$	$6,78 \pm 0,53$	$6,41 \pm 0,39$
Манна-Уитни	65	42	32	50
Уровень значимости	$P > 0,05$	$P < 0,05$	$P < 0,01$	$P < 0,05$

При проведении спектрального анализа ЭЭГ-кривых, нами были проанализированы начальные и конечные значения частот спектрального диапазона. Было отмечено, что диапазон сдвигался в сторону высокочастотных колебаний при прослушивании рок-музыки и бинаурального гамма-ритма, а также достаточно широким он был во время прослушивания уличного шума. Значимые различия среднего значения начальной частоты спектра по сравнению с тишиной были обнаружены при прослушивании рок-музыки и уличного шума, что говорит об активации и возбуждении лобной доли коры даже с закрытыми глазами. На самой высокой частоте зарегистрировано большее количество волн во время уличного шума.

3.3. Математический анализ влияния различных звуковых стимулов на отдельные характеристики ритмов ЭЭГ лобной доли коры больших полушарий подростков

В данной главе нами проведен визуальный и сравнительный анализ амплитуды ЭЭГ-сигнала лобной доли КБП в тишине и при прослушивании различных мелодий. На рисунках 11-15 представлены ЭЭГ кривые в тишине и при прослушивании мелодий 1-4. Желтая область – область в которой производились измерения максимальной и минимальной амплитуды участка, а также анализ диапазона амплитуды. Средние значения по всей выборке обследованных лиц представлены в таблицах 3.5-3.7.

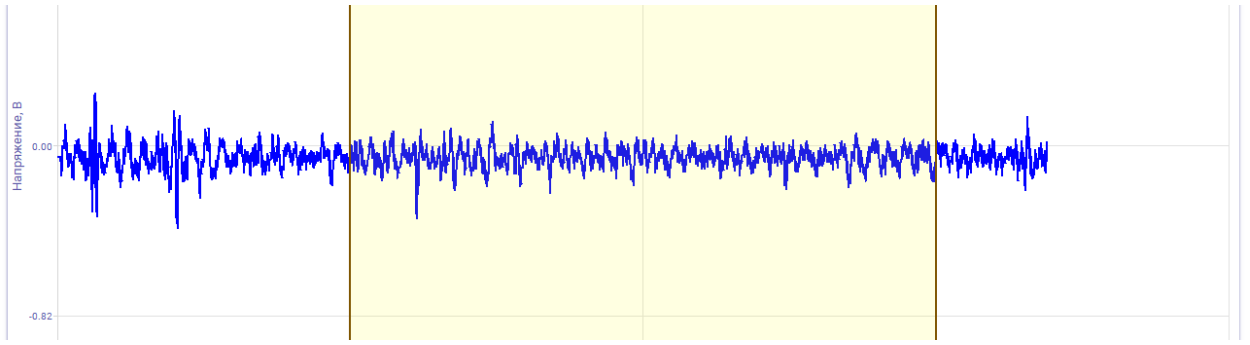


Рисунок 11. ЭЭГ-сигнал лобной доли КБП в тишине с закрытыми глазами

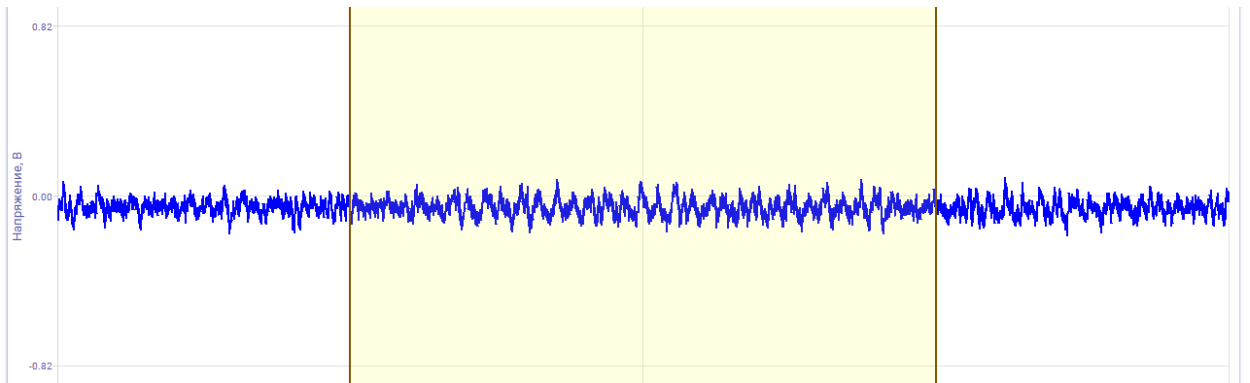


Рисунок 12. ЭЭГ-сигнал лобной доли КБП при прослушивании рок-музыки

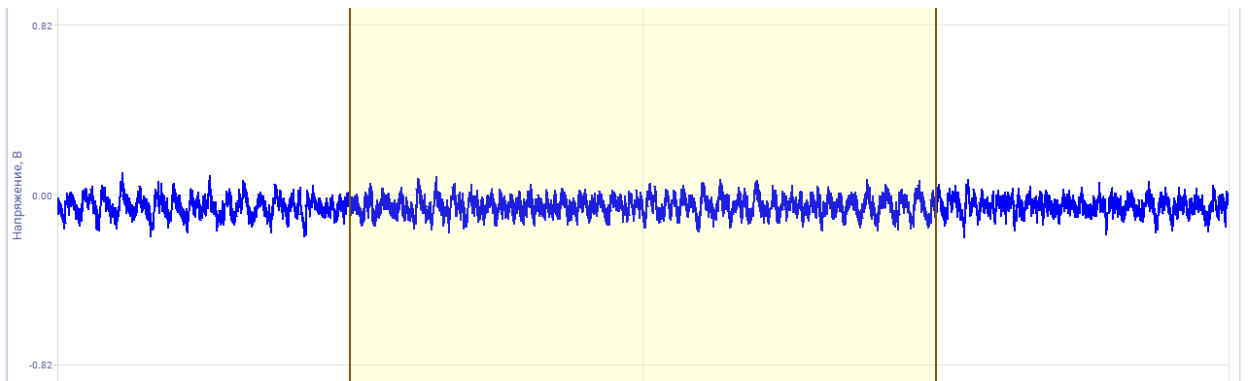


Рисунок 13. ЭЭГ-сигнал лобной доли КБП при прослушивании классики

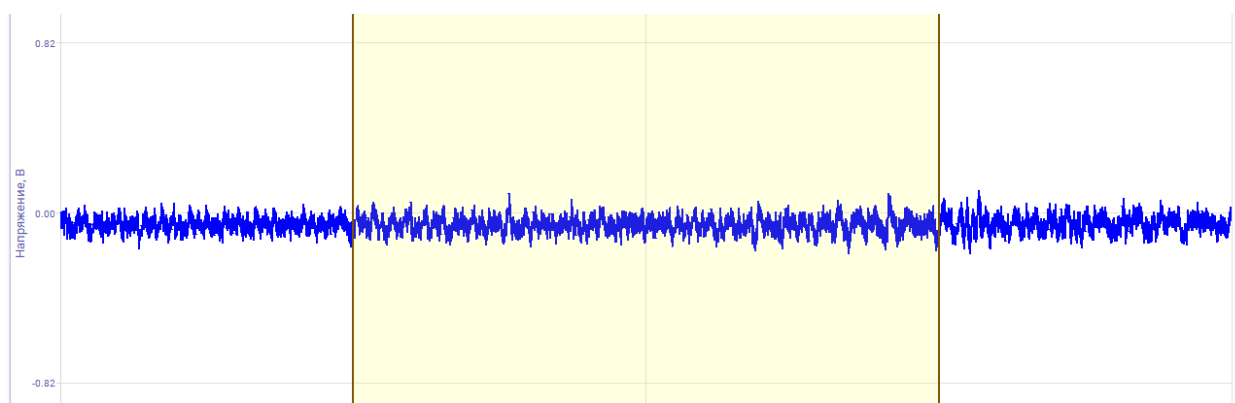


Рисунок 14. ЭЭГ сигнал лобной доли КБП при прослушивании уличного шума

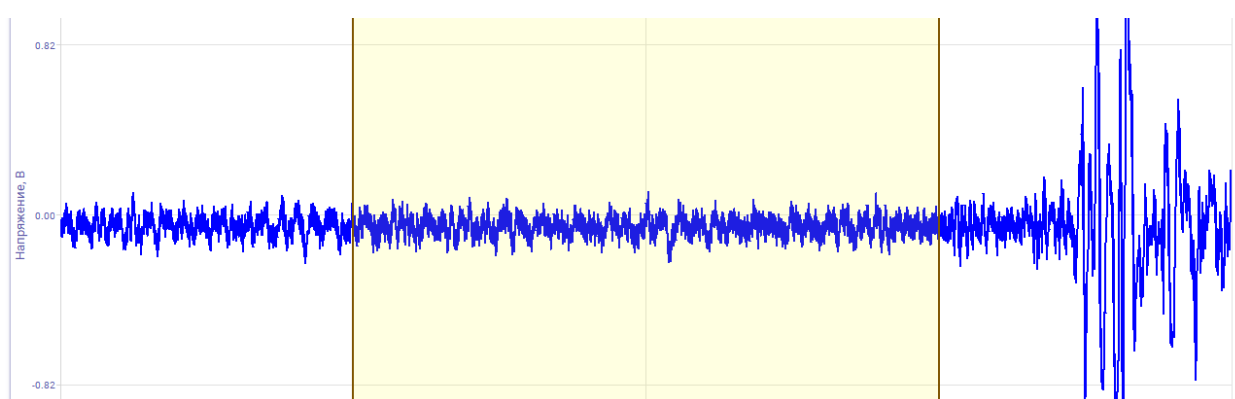


Рисунок 15. ЭЭГ-сигнал лобной доли КБП при прослушивании гамма-ритма

При визуальном изучении ЭЭГ-кривой лобной доли КБП можно наблюдать уменьшение амплитуды при прослушивании уличного шума и гамма-ритма, больше амплитуда при прослушивании классической музыки и рока. Максимальный размах амплитуды наблюдался нами в тишине. Такую же картину можно наблюдать при анализе средних значений максимального и минимального значения амплитуды. Самый большой показатель максимального значения амплитуды наблюдался в тишине и был равен $0,094 \pm 0,02$, самый минимальный показатель максимального значения амплитуды был при прослушивании гамма-ритма $0,042 \pm 0,01$. При этом все полученные средние величины максимального значения амплитуды во время предъявления различных мелодий значимо не отличались от среднего максимального значения амплитуды в тишине.

Таблица 3.5.

Сравнительный анализ максимума амплитуды (max) ЭЭГ лобной доли больших полушарий подростков при прослушивании различных мелодий

	Мелодия 1	Мелодия 2	Мелодия 3	Мелодия 4
--	-----------	-----------	-----------	-----------

Тишина	0,094±0,02	0,094±0,02	0,094±0,02	0,094±0,02
Мелодии 1-4	0,048±0,01	0,049± 0,01	0,043±0,01	0,042±0,01
Манна-Уитни	39	34	35.5	34
Уровень значимости	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

В таблице 3.6. представлен сравнительный анализ средних минимальных значений амплитуды во всех изученных отрезках. Минимальное значение амплитуды в тишине было равно $-0,216 \pm 0,02$. Значимое снижение минимального значения по сравнению с тишиной было отмечено при прослушивании шума улицы и гамма-ритмов. Снижение размаха амплитуды и увеличение диапазона частоты, в случае с прослушиванием гамма-ритма ах до частоты гамма, говорит об активации мыслительных процессов, повышается в целом активность мозговых функций.

Таблица 3.6.

Сравнительный анализ минимального значения амплитуды (min) ЭЭГ лобной доли коры больших полушарий подростков при прослушивании различных мелодий

	Мелодия 1	Мелодия 2	Мелодия 3	Мелодия 4
Тишина	-0,216± 0,02	-0,216± 0,02	-0,216± 0,02	-0,216± 0,02
Мелодии 1-4	-0,17±0,01	-0,165±0,01	-0,154±0,01	-0,157± 0,01
Манна-Уитни	43	39,5	33	38
Уровень значимости	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p<0,05

В таблице 3.7. представлен анализ диапазона амплитуды ЭЭГ лобной доли коры больших полушарий. Средний диапазон амплитуды в тишине был равен $19,82 \pm 1,59$. Максимальный диапазон наблюдался при прослушивании бинаурального гамма-ритма $20,64 \pm 1,54$. При анализе диапазонов значимых различий между показателями обнаружено не было.

Таблица 3.7.

Сравнительный анализ диапазона амплитуды (dx) ЭЭГ лобной доли больших полушарий подростков при прослушивании различных мелодий.

	Мелодия 1	Мелодия 2	Мелодия 3	Мелодия 4
Тишина	19,82±1,59	19,82±1,59	19,82±1,59	19,82±1,59
Мелодий 1-4	18,56±1,56	19,64±1,61	19,81± 1,28	20,64±1.54
Манна-Уитни	64	78,5	84	80

Уровень значимости	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05
--------------------	--------	--------	--------	--------

ВЫВОДЫ

1. По итогам проведения тестирования на выявления объемов кратковременной памяти у подростков при шумовом воздействии было показано, что максимальный объем воспроизводимой информации возможен в полной тишине. Во время прослушивания различных мелодий объем памяти значительно снижался. При этом характер шумового воздействия практически не имел значения, но нами были обнаружены минимальные объемы кратковременной памяти при прослушивании классической музыки и бинаурального гамма-ритма.
2. При проведении спектрального анализа ЭЭГ-кривых, нами были проанализированы начальные и конечные значения частот спектрального диапазона. Было отмечено, что диапазон сдвигался в сторону высокочастотных колебаний при прослушивании рок-музыки и бинаурального гамма-ритма, а также достаточно широким он был во время прослушивания уличного шума. Значимые различия среднего значения начальной частоты спектра по сравнению с тишиной были обнаружены при прослушивании рок-музыки и уличного шума, что говорит об активации и возбуждении лобной доли коры даже с закрытыми глазами. На самой высокой частоте зарегистрировано большее количество волн во время уличного шума.
3. Амплитудный анализ ЭЭГ лобной доли КБП при прослушивании различных мелодий показал значимое снижение минимального значения амплитуды при прослушивании уличного шума и бинаурального гамма-ритма по сравнению с амплитудой в тишине. Снижение амплитуды и увеличение частоты ЭЭГ-ритма указывает на активацию мыслительных процессов и повышение активности мозговых функций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе мной получены неоднозначные данные. Например, данные о воздействии классической музыки на мыслительную деятельность подростков. Во многих школах, в том числе и нашей, вместо привычного звонка с урока и на урок играет «классика». Создает ли это благотворную среду для творческой и мыслительной деятельности подростков? В работе на данном этапе мы получили отрицательный ответ на этот вопрос.

За последние 20 лет глобально изменились геомагнитные колебания (волны Шумана) на поверхности нашей планеты. С 8 Гц в 1980 годах они увеличились до 30 Гц в 2020 году. На наш взгляд, активные мозговые процессы поколения, родившегося после 2000 г., сильно отличаются от процессов наших родителей. В дальнейшем мы планируем продолжать исследование, увеличивать выборку, сравнить влияние различных шумов на представителей поколений. Также, мне интересно проанализировать длительность шумового воздействия на когнитивные функции, текстовое содержание музыкальных композиций.

Я выражаю благодарность моей команде: учителю биологии Новиковой Елене Николаевне, педагогу ЦНИТ «Росток» Леушкиной Наталье Федоровне и моим одноклассникам, которые с удовольствием стали частью нашего исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Телль Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека//Спб.:Сотис, 2010, 527 с.
2. Батуев А.С. Высшие интегративные системы мозга. – Л.: Наука,1981. – 252 с.
3. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2010. - 268 с.
4. Кропотов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы человека и нейротерапия. Донецк,- 2010. -512 с.
5. Информационные технологии в исследовании когнитивных функций. Кижеватова Е.А., Омельченко В.П. Фундаментальные исследования. 2015. № 2-17. С. 3768-3772.
6. Кулагина, И.Ю. и др. Психология развития и возрастная психология: Полный цикл развития человека: учебное пособие для вузов / И.Ю. Кулагина, В.Н. Колюцкий. – М.: Академический Проект «Трикта», 2011. – 420 с.
7. Лурия А.Р. Функциональная организация мозга // Естественно–научные основы психологии / под ред. А.А. Смирнова, А.Р. Лурия, В.Д. Небылицына. – М., 1978. – С. 120.
8. Леер Е.И. Особенности влияния музыки разных направлений на физиологические характеристики активности сердца юношей и девушек 14-16 лет. Психология и социология. - 2013. - №1(48). - с.310-318
9. Полозова А.В. Проблема формирования музыкальных предпочтений школьников-подростков// Знание. Понимание. Учение. -2021.-№1. - С. 257-261
10. Реан А.А. Психология подростка. Издательство Прайм – Еврознак. – Москва. – 2018. – 512 с.
11. Физиология человека, под редакцией Р.Шмидта и Г.Тевса, издание 3-е, М.:Мир, в 3-х томах, 2005.
12. Фундаментальная и клиническая физиология. Под редакцией А.Камкина и А.Каменского, М:Изд.центр «Академия», 2004, 1072 с.
13. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Смирнов, С.М. Будылина, 2007.-336 с.
14. «Преодоление эмоциональных состояний подростков с помощью музыкальной терапии» Лейла Руслановна Конурова- педагог кафедры «Музыкального образования» Гулистанского Государственного Университета.