

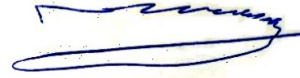
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Факультет електроніки
(назва факультету, інституту)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем
(назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри, проф.



С.А. Найда
(прізвище, ініціали)

« 10 » 06 2022 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності (спеціалізації) 171 – Електроніка

на тему: "Дослідження зміни електричної активності головного мозку під впливом низькочастотних аудіостимулів"

Виконав: студент IV курсу, групи ДГ-81

Нищенко Валерія Валеріївна



Керівник: доц. кафедри АМЕС, к.т.н., доц. Дрозденко О.І.
Консультант –




Рецензент доц. кафедри ЕПС, д.т.н., доц. Вербицький Є.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)



Засвідчую, що у цій бакалаврській роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент



(підпис)

Київ – 2022

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет: Електроніки

(повна назва)

Кафедра: Акустичних та мультимедійних електронних систем

(повна назва)


Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація): 171 – Електроніка

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



_ С.А.Найда

(ініціали, прізвище)

«_02_» _____ 05 _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
студенту

Нищенко Валерії Валеріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Дослідження зміни електричної активності головного мозку під впливом низькочастотних аудіостимулів

керівник проекту (роботи): Дрозденко Олександр Іванович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «06» червня 2022 р. № 911-с

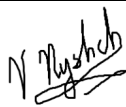
2. Строк подання студентом проекту (роботи): 12 червня 2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Фрагмент низькочастотного аудіостимулу, записи електроенцефалограм під час прослуховування низькочастотного аудіостимулу.
4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити):
 - 1) Фізіологічні аспекти сприйняття звуку
 - 2) Застосування музичної терапії для корекції фізичного та психоемоційного стану людини
 - 3) Дослідження головного мозку за допомогою електроенцефалографії
 - 4) Експериментальні дослідження впливу низькочастотних аудіостимулів на діяльність головного мозку.
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Ілюстративний матеріал (презентація в Power Point).
6. Дата видачі завдання: 20 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Фізіологічні аспекти сприйняття звуку	19.04.2022р.	виконано
2	Застосування музичної терапії для корекції фізичного та психоемоційного стану людини	4.05.2022р.	виконано
3	Дослідження головного мозку за допомогою електроенцефалографії	17.05.2022р.	виконано
4	Експериментальні дослідження впливу низькочастотних аудіостимулів на діяльність головного мозку	3.06.2022р.	виконано
5.	Оформлення пояснювальної записки до дипломної роботи та ілюстративного матеріалу	10.06.2022р.	виконано

Студент гр. ДГ-81



Валерія НИЩЕНКО

Керівник роботи



Олександр ДРОЗДЕНКО

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
студента кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем
факультету електроніки Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Нищенко Валерії Валеріївни

на тему: **«Дослідження зміни електричної активності головного мозку під
впливом низькочастотних аудіостимулів»**

Київ – 2022

РЕФЕРАТ

Дослідження зміни електричної активності головного мозку під впливом низькочастотних аудіостимулів // Дипломна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр». Нищенко В. В. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем, група ДГ-81. – К.:НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2022 с. – 66, рис. – 13, табл. – 0.

В роботі розглянуті впливи низькочастотних аудіостимулів на активність головного мозку людини. Досліджено принципи зміни ритмів головного мозку під час впливу низькочастотних аудіостимулів. Проведено ряд випробувань, де реєструвались електроенцефалограми учасників до та під час прослуховування музикального матеріалу. Результати, показують, що такий метод може бути використаний для лікування музичною терапією. В роботі описано процес реєстрації електроенцефалографії та розглянуто будову електроенцефалографу.

Ключові слова: електроенцефалографія, електроенцефалограма, обробка електроенцефалограм, активність головного мозку, ритми головного мозку, музична терапія, низькочастотні аудіостимули.

ABSTRACT

Exploration of the brain's electrical activity changes under the low-frequency audio stimulations influence // Graduate work for obtaining the degree of higher education "bachelor". Nyshchenko V. V. National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Faculty of Electronics, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, DG-81group. - K.: NTUU "KPI", 2020 p. – 65, fig. - 13, tab. - 0.

The work describes the influence of low frequency audio stimulus on human's brain activity. The principles of brain rhythms' changing under the influence of low-frequency audio stimulus have been studied. A number of tests have been done, when the participants' electroencephalograms were recorded before and during listening to the musical material. The results show that this method can be used for music therapy. This work also describes the process of electroencephalography registration and considers the structure of electroencephalography.

Key words: electroencephalography, electroencephalogram, electroencephalogram processing, brain activity, brain rhythms, music therapy, low frequency audio stimulus.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
Розділ 1. ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СПРИЙНЯТТЯ ЗВУКУ	10
1.1. Слухова сенсорна система.....	10
1.2. Особливості сприйняття звуків людиною	17
1.3. Вплив акустичних сигналів на психоемоційний та функціональний стан людини.....	21
1.4. Висновки	26
Розділ 2. ЗАСТОСУВАННЯ МУЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ ФІЗИЧНОГО ТА ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ	28
2.1. Загальні вимоги, методика проведення, області застосування.....	28
2.2. Відбір музичного матеріалу для проведення музичної терапії	33
2.3. Переваги та недоліки музичної терапії	36
2.4. Висновки.....	37
Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЇ	39
3.1. Електричні коливання, що виникають при роботі мозку.....	39
3.2. Електроенцефалограф	41
3.3. Методика проведення електроенцефалографічного дослідження	44
3.4. Висновки.....	47
Розділ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ АУДІОСТИМУЛІВ НА ДІЯЛЬНІСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ	49
4.1. Обробка нейрофізіологічних даних	49
4.2. Зміна параметрів електроенцефалограми під час прослуховування низькочастотних аудіостимулів	53
4.3. Вплив розтягнутого в часі стресу на ефективність впливу низькочастотних аудіо стимулів	56
4.4. Висновки.....	58
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	62

ВСТУП

Вивчення музично-акустичних впливів, які використовуються для поліпшення психологічного стану людини, є дуже актуальним у наш час. Це пов'язано з великою кількістю конфліктних ситуацій, значними психологічними та інформаційними перевантаженнями сучасної людини, перманентним стресом через пандемію, війну, економічну кризу, стихійні катастрофи.

На сьогоднішній день людству відомо багато способів вирішення проблем психічного здоров'я. Лікування за допомогою музичної терапії має безліч переваг перед іншими методами. В першу чергу, слід зазначити, що таке лікування є неінвазивним, тобто не потребує жодних втручань у фізичне тіло. Також музикотерапія не має побічних ефектів та не викликає звикання, що є важливим у реабілітації. Музична терапія може бути дуже персоналізованою, що робить її придатною для людей будь-якого віку та з абсолютно різними рівнями музичного досвіду та з різними проблемами психічного чи фізичного здоров'я. Але, на жаль, є й проблемні моменти. Один з них – відбір музичного матеріалу, а саме те, що наразі немає єдиної універсальної системи по відборі музичного матеріалу для проведення музичної терапії. Іноді музика може створити помилкові неіснуючі спогади. Також недоліком музикотерапії є те, що таке лікування потребує багато часу щоб побачити реальний ефект.

Дипломна робота "Дослідження зміни електричної активності головного мозку під впливом низькочастотних аудіостимулів" на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» складається з чотирьох розділів.

Перший розділ описує фізіологічні аспекти сприйняття звуку. Особливу увагу приділено будові слухової сенсорної системи людини особливостям сприйняття звуків та впливу акустичних сигналів на психоемоційний та функціональний стан людини.

Другий розділ висвітлює питання застосування музичної терапії для корекції фізичного та психоемоційного стану людини. Визначені загальні вимоги, методика проведення, області застосування та відбору музичного матеріалу. Також проаналізовано переваги та недоліки музикотерапії.

У третьому розділі розглядаються дослідження головного мозку за допомогою електроенцефалографії. Детально розглядаються електричні коливання, що виникають при роботі мозку, будова та принцип роботи електроенцефалографа та методика проведення електроенцефалографічного дослідження.

В четвертому розділі проводяться експериментальні дослідження впливу низькочастотних аудіостимулів на діяльність головного мозку. Зокрема висвітлюється процес обробки нейрофізіологічних даних, вплив зміни параметрів електроенцефалограми під час прослуховування низькочастотних аудіостимулів. А також вплив розтягнутого в часі стресу на ефективність впливу низькочастотних аудіо стимулів.

РОЗДІЛ 1

ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СПРИЙНЯТТЯ ЗВУКУ

1.1. Слухова сенсорна система

Слухова система (орган слуху і рівноваги) – аналізатор зовнішнього середовища, що виконує дві важливі функції – сприймання звукових коливань, підтримання рівноваги і регулювання положення та рухів тіла в просторі.

Слухова система складається з вуха і провідного шляху статичного аналізатора (рис. 1.1). Рецептори органів слуху і рівноваги містяться в товщі кам'янистої частини скроневої кістки. Залежно від функції, що виконується в органі слуху та рівноваги, виділяють внутрішнє, зовнішнє та середнє вухо. Зовнішнє і середнє вухо сприймають і проводять звук, а внутрішнє вухо містить звукові рецептори і органи балансу.

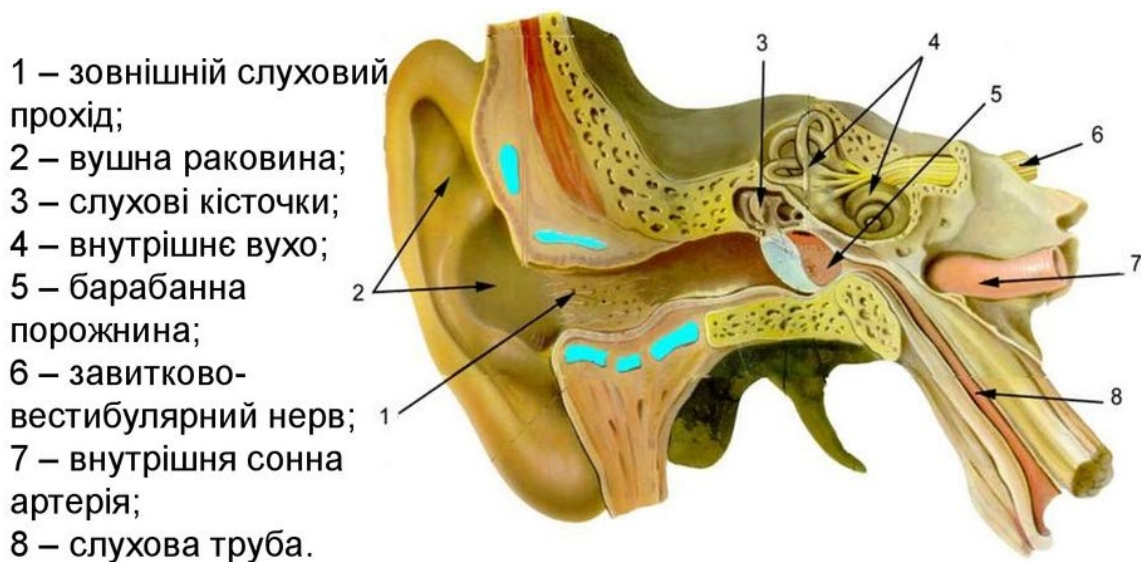


Рис. 1.1 - Будова вуха людини [9]

1.1.1. Зовнішнє вухо. Зовнішнє вухо відіграє дуже важливу роль фокусування і підсилення звуку. Воно складається з вушної раковини та зовнішнього слухового проходу. Завдяки акустичному резонансу зовнішнє вухо

підсилює середні тони, які складають більшу частину мовленого спектру, допомагаючи людям чути мову. Крім того, зовнішнє вухо сприяє розпізнаванню напрямку, з якого доходить звук – праворуч або ліворуч (горизонтальна орієнтація), зверху чи знизу (вертикальна орієнтація).

Ще однією важливою функцією зовнішнього слухового проходу є захисна. Дорослі особини мають довжину близько 2,5 см і діаметр 0,3-1,0 см, що може захистити барабанну перетинку від пошкоджень і підтримувати постійну температуру і вологість навколо неї. Зовнішній слуховий прохід поділяється на хрящовий (зовнішній) і кістковий (внутрішній). Також захисну роль виконує сірка, яку виділяють залози в шкірі хрящового відділу зовнішнього слухового проходу.

1.1.2. Середнє вухо. Основною частиною середнього вуха є барабанна порожнина, що розташована в скроневої кістці, об'єм якої 1-2 см.

Барабанна порожнина відділяється від зовнішнього слухового проходу тонкою овальною мембраною, що зветься барабанною перетинкою, товщина якої 0,1 мм, а площа становить 0,5-0,9 см². У барабанній перетинці є три слухові кісточки, пов'язані між собою: молоточок, коваделко й стремінце. Молоточок щільно прилягає до барабанної перетинки. Між стремінцем і молоточком знаходиться коваделко. До внутрішнього вуха стремінце кріпиться за допомогою спеціальної сполучної зв'язки. Усі структури середнього вуха є мініатюрними. Стремінце є найменшою кісткою в людському тілі, середня вага якої становить 2,86 мг. Барабанна перетинка вібрує під впливом звукових коливань, що надходять через слуховий прохід. Ці коливання передаються у внутрішнє вухо через низку кісточок.

Одною з найважливіших особливостей середнього вуха є те, що барабанна перетинка поєднана з носоглотковою порожниною анатомічним каналом – слуховою (евстахієвою) трубою. Слухова труба виконує дуже важливу функцію – вентиляційну (пропускає навколишнє повітря і звільняє його від газів барабанної перетинки) і барометричну функцію – тобто врівноважує тиск в порожнині середнього вуха та навколишнє повітря).

У середньому вусі є ще дві невеликі, але дуже важливі м'язи, які стягують барабанну перетинку і стремінце. Їх функція має захисний характер. Вони захищають внутрішнє вухо від надмірного шуму. При сильних звуках високого тону вони зменшують і погіршують коливальне проходження через ланцюг кісточок. Це ослаблення пов'язане зі зміною акустичної провідності середнього вуха або, навпаки, збільшенням акустичного опору середнього вуха (так званий акустичний імпеданс). Скорочення м'язів середнього вуха викликано реакцією нервових структур стовбура мозку і безпосередньо контролюється лицьовим нервом. Скорочення цих м'язів під дією звуку називають акустичним рефлексом внутрішньовушних м'язів, а видом дослідження являється метод акустичного імпедансу.

Загалом, середнє вухо виконує унікальну роботу – воно відповідатиме дуже низькому акустичному опору навколишнього повітря, через яке проходить звук, і дуже високому акустичному опору рідини, що заповнює внутрішнє вухо. Крім того, середнє вухо підсилює звукові коливання приблизно в 1000 разів (приблизно 60 дБ).

1.1.3. Внутрішнє вухо. Звукові коливання отримуються від стремінця, перетворюючи їх в електричні нервові імпульси – так само, як мікрофон перетворює звук в електричні коливання.

Внутрішнє вухо розташоване в товщі скроневої кістки і складається зі складної системи з'єднаних між собою каналів і порожнин, які називаються лабіринтом. Лабіринт складається з присінка, завитки та півкруглих каналів. Передній та півкруглий канали належать до вестибулярного апарату (органу рівноваги). Кісткова завитка є частиною органу слуху.

Завитка – це спіралі кісткових каналів, що оточують центральний кістковий стрижень (веретено-спіральна вісь), утворюючи 2,5 оберти довжиною близько 35 мм. Завитка наповнена рідиною та з'єднується вона з барабанною порожниною за допомогою двох отворів – овального і круглого. Овальне вікно заглиблене підніжкою стремена, а кругле вікно заглиблене перетинкою. Коли звук надходить у внутрішнє вухо, рух стремена всередині еліптичного вікна

викликає рух лабіринтної рідини (перилімфи), яка, у свою чергу, викликає рух мембрани круглого вікна.

В середині кісткового лабіринту знаходиться перетинчастий лабіринт, який більш-менш точно повторює обриси кісткового. Його стінки утворені тонкою оболонкою зі сполучної тканини. Частина перетинчастого лабіринту, що знаходиться в завитці заповнена ендолімфою, яка має інший склад, ніж перилімфа.

Основа завитки називається базилярною мембраною. Вона найвужча знизу і найширша зверху. Коли стремінце в середньому вусі рухається, то хвиля, що виникає при цьому поширюється від нього вздовж базилярної мембрани до верхньої частини завитки.

На базилярній мембрані по всій довжині вушної раковини розташований рецепторний апарат вуха. Це – Кортієв орган, що складається з рядів слухових клітин з волосками на кінчиках. Цей орган є надзвичайно складним рецепторним апаратом. Завдяки цій властивості чутливі клітини називають волосковими. Чутливі волоскові клітини зміцнені на складній опорній структурі та покриті накладною пластиною, яка контактує з ними.

Волоскові клітини розташовані в чотири ряди – три ряди зовнішніх волоскових клітин (НВК) розташовані на периферії стрижня завитки, а один ряд внутрішніх волоскових клітин (ВВК) знаходиться близько до стрижня завитки. Зовнішні волоскові клітини і внутрішні волоскові клітини виконують різні функції.

Рух стремена в овальному вікні призводить до зсування базальної мембрани та розташованого на ній Кортієвого органу. Зміщення кортієвого органу призводить до зміщення волосків із зовнішніх волоскових клітин, які прикріплені до зовнішньої епідермальної мембрани. Транслокація волосків викликає виникнення електрофізіологічних реакцій у зовнішніх волоскових клітинах, у яких генеруються рецепторні потенціали. Під впливом таких рецепторних потенціалів зовнішні волоскові клітини видовжуються і

вкорочуються,. Ця властивість існує лише у зовнішніх волоскових клітинах і називається електрокінетичністю.

1.1.4. Будова аферентної слухової системи (рис. 1.2). Виділяють такі способи проникнення звукової енергії до внутрішнього вуха людини:

- Повітряне звукопроведення;
- Кісткове звукопроведення

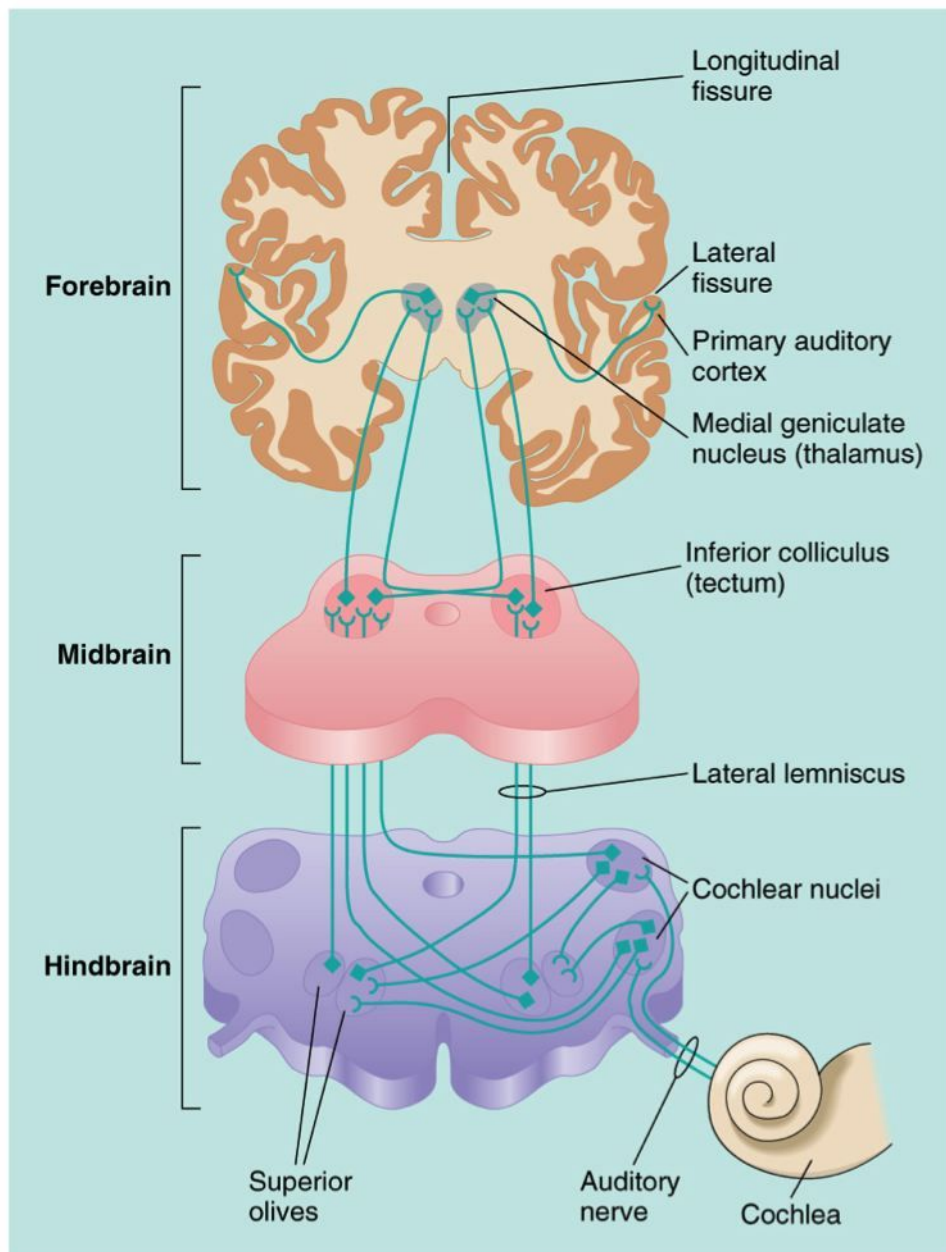


Рис. 1.2 - Будова аферентної слухової системи [10]

Звукова енергія постачається у структури внутрішнього вуха через повітряну та кісткову звукопровідність.

Повітряна звукопровідність – це звичайний спосіб проникнення звукових коливань у вуха – звук досягає барабанної перетинки, проходячи через вушну раковину та зовнішній слуховий прохід. Крім того, вібрації барабанної перетинки через ланцюг кісточок передаються рідині навколо завитки та ендолімфи, викликаючи вібрування структур базилярної мембрани та кортикальних органів.

Кісткова провідність – це передача звукових коливань від поверхні голови безпосередньо до завитки внутрішнього вуха через середнє вуха. Коли звук потрапляє у вуха за допомогою кісткового звукопроведення, звукові коливання поширюються через кістки та тканини голови. Під впливом кісткового звуку стінка завитки внутрішнього вуха вібрує, і ця вібрація передається рідині, яка його заповнює. Це, в свою чергу, призводить до коливальних рухів базальної мембрани та кортієвого органу. Далі ситуація ідентична до того, як все відбувається при повітряному звукопроведенні.

Власний голос ми чуємо завдяки кістковій провідності. Таким чином, звук передається через тканини голови до внутрішнього вуха завитки. Це пояснює, чому власний голос, який ми чуємо, відрізняється від того, що є у записі. Пояснити це можна тим, що низькі частоти кістки черепа проводять краще, аніж високі. Тому в мовленні люди сприймають власний голос нижче і глибше, ніж інші чувають його.

Оскільки кісткове звукопроведення практично виключає середнє вуха з процесу передачі звуку, вивчення слухового сприйняття повітря і кісткового звуку має важливе значення для діагностики слуху. Проміжний відділ органу слуху, він же провідниковий, починається від слухового нерва і закінчується в корі головного мозку.

Тіла нейронів слухового нерва знаходяться по спіралі вздовж осі завитки, утворюючи так звані спіральні ганглії. Їх довгі відростки, що називають аксонами, утворюють слуховий нерв, який передає нервові імпульси «вгору» до

мозку. Лівий і правий слухові нерви називають восьмою (VIII) парою черепних нервів.

Як і інші нейрони, аксони слухового нерва покриті мієліном – особливим шаром тканини, який має відкриті ділянки аксона. Ця оболонка і її «перехоплення» відіграють ключову роль у тому, як нейрони передають нервові імпульси.

Нейрони слухового нерва перетворюються в завиткові ядра – нейрони довгастого мозку, що є кінцевим компонентом слухового аналізатора, який отримує нервові імпульси тільки з одного вуха.

Провідний шлях і підкірковий центр слухового аналізатора є частиною центральної нервової системи (ЦНС), що складається з висхідної (аферентної) та низхідної (еферентної) системи. Анатомічно він розташований у стовбурі головного мозку, підкіркових структурах. Спрощена схема висхідної слухової системи зображена на рис.1.2.

Як видно з рис.1.2, кількість нервових клітин (нейронів) багаторазово збільшується в міру підйому від слухового нерва до кори головного мозку. У слуховому нерві їх близько 35 000, а в корі слухового мозку близько 12 мільйонів. Окрім цього, по мірі зростання до слухової кори, слухові нейрони збільшуються в зв'язках по обидва боки мозку та з іншими сенсорними системами, пам'яттю, мовою та багатьма іншими нейронами.

Примітно, що над правим слуховим нервом і ядром завитки, нейрони яких перемикаються на наступному рівні, основна частина слухового нейрона переходить з цього вуха в ліву частину мозку і навпаки. Тому в основних шляхах слухового аналізатора виникає «перехрестя», що добре видно зі схеми стовбура мозку. Центральна (коркова) частина слухового аналізатора розташована в скроневій частці кори головного мозку. Нервові імпульси від правого вуха в основному надходять у ліву півкулю мозку, і навпаки, від лівого вуха – у праву. [1]

1.2. Особливості сприйняття звуків людиною

Звук як фізичне явище – це поширення механічних коливань у вигляді хвиль. Звук може поширюватися в твердих, рідких і газоподібних середовищах. Через особливості середовища швидкість поширення коливань буде змінюватися.

Як і будь-яка хвиля, звук характеризується амплітудою і частотою. Для людського вуха діапазон сприйняття звуку становить від 16 Гц до 20 кГц. Усі звуки нижнього діапазону називаються інфразвуком, а звуки з вищих діапазонів – ультразвуковими.

Важливою особливістю слухового сприйняття є так званий *бінауральний ефект* – ефект слуху обома вухами, що дозволяє слухачеві визначити напрямок джерела звуку.

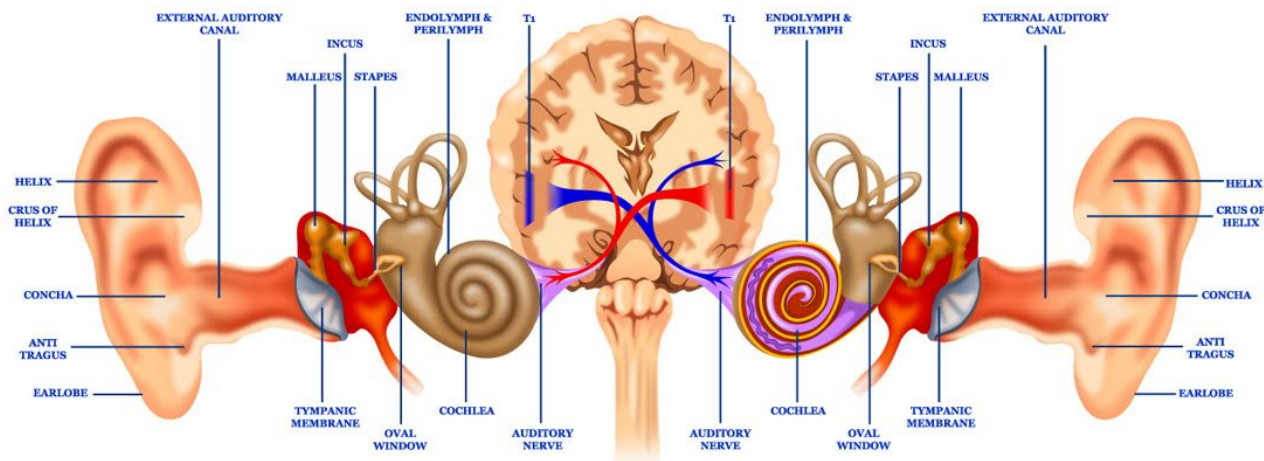


Рис. 1.3 - Спрощена схема бінаурального слуху [11]

На низьких частотах бінауральний ефект виникає за рахунок різниці фаз, а на високих – завдяки різниці в амплітуді звукових коливань (за рахунок екрануючого ефекту голови). Людина визначає напрямок приходу звукових коливань у горизонтальній площині з точністю до 3...4°, при переміщенні джерела звуку у вертикальній площині точність значно менше – 40... 50°.

Інформація, що надходить до обох слухових каналів, обробляється у периферичній частині слухової системи (піддається спектрально-часовому

аналізу), після чого передається у вищі відділи головного мозку. Там, шляхом порівняння з двох різних каналів формується єдиний просторовий слуховий образ.

Основні властивості бінаурального слуху:

- просторова локалізація;
- ефект передування;
- бінауральне сумування гучності;
- бінауральне демаскування.

Ефект маскування є ще однією особливістю слухового сприйняття. Цей ефект спостерігається, коли звучать кілька джерел звуку одночасно. Це проявляється у підвищенні порогу чутності замаскованого «корисного чистого тону» порівняно з порогом чутності за відсутності звуку. У разі маскування однакових частот маскованого і маскуючого чистих тонів однієї частоти маскувальний ефект більш виражений. Низькочастотні чисті тони сильніше маскують високочастотні тони. Розбірливість мовлення знижується, коли мовний сигнал маскується шумом.

Вплив психоакустики на масову свідомість чинить не сам звук, а його атрибутивні характеристики. Ще в 1875 р. німецький фізик Г. Гельмгольц визначив їх, зазначаючи, що «звуки можуть відрізнятися силою (гучністю), висотою, відтінком (тембром)». [3]

Аналізатори слуху людини чутливі до висоти, інтенсивності та тембру звуків. Найважливішим у цьому звуковому тріо є тембр. Американський стандарт «ANSI-S3.20» визначає його як «атрибут слухового сприйняття, який дозволяє слухачеві визначити, що два звуки однакової висоти та гучності відрізняються один від одного». У 1973 р. це визначення було уточнено: «Тембр залежить від спектра сигналу, але він також залежить від форми хвилі звукового тиску, розташування частот у спектрі й тимчасових характеристик звуку», за рахунок чого акцент тепер був зміщений. Тембр звуку прийнято за головний атрибут психоакустичного впливу на свідомість мас.

Не менш важливою властивістю є гучність звуку. Гучність – це суб'єктивне відчуття, що залежить від потужності звукового сигналу, який впливає на барабанну перетинку, і відображають його на шкалі чисел. Характер залежності гучності від фізичної сили звуку складний, особливо для складених звукових поєднань.

Також дуже важливим атрибутом є висота. Висота – це властивість слухового сприйняття, при якій звуки можуть бути розміщені на шкалі від найнижчих до найвищих. В основному висота залежить від частоти звукового сигналу, звукового тиску та форми хвилі.

Вухо сприймає зміну частоти як зміну висоти. Одиницею вимірювання висоти звуку є октава, яка відповідає діапазону частот, верхня межа якого вдвічі перевищує нижню межу. Октава – це великий інтервал, у якому змінюється висота звуку (людське вухо сприймає лише 10 октав, якщо вимірювати в частотних діапазонах звуку). В житті використовують менші інтервали, наприклад, півтони (1/12 октави).

Вухо людини може реагувати в діапазоні звукових частот на звукові коливання, які відповідають лише певній силі подразнення, під якою розуміють інтенсивність звуку або звуковий тиск.

Мінімальне значення чистого тонового подразника, що викликає сприйняття звуку, називається порогом чутності. Поріг чутності варіюється у кожної людини по-різному, залежно від її віку, методу вимірювання та частоти.

Порогу чутності на частоті 1000 Гц відповідає звуковий тиск $p = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, що становить лише $2 \cdot 10^{-10}$ атмосфер. Слухання на низьких і високих частотах вимагає більшого звукового тиску, ніж на середніх частотах.

Поступове збільшення амплітуди подразника призводить до збудження більшої кількості нервових закінчень, що суб'єктивно сприймається як зміна об'єму. Збільшення гучності може викликати роздратування і, як результат, біль у вусі. Максимально допустимим значенням сили чистого тонального подразника, що викликає біль, є больовий поріг.

Результати порівняння гучності зображені графічно на рис.1.4 у вигляді сімейства однакових за гучністю кривих. Кожна крива є геометричним розташуванням точок, які представляють собою однаково гучні тони на різних частотах. Крива рівної гучності в області менших значень звукового тиску значною мірою залежить від частоти і випрямляється в міру збільшення звукового тиску. Тому при низьких амплітудах звукового тиску слух має різну, а при високих – майже однакову чутливість на різних частотах, що призводить до зменшення гучності низької та високої частоти.

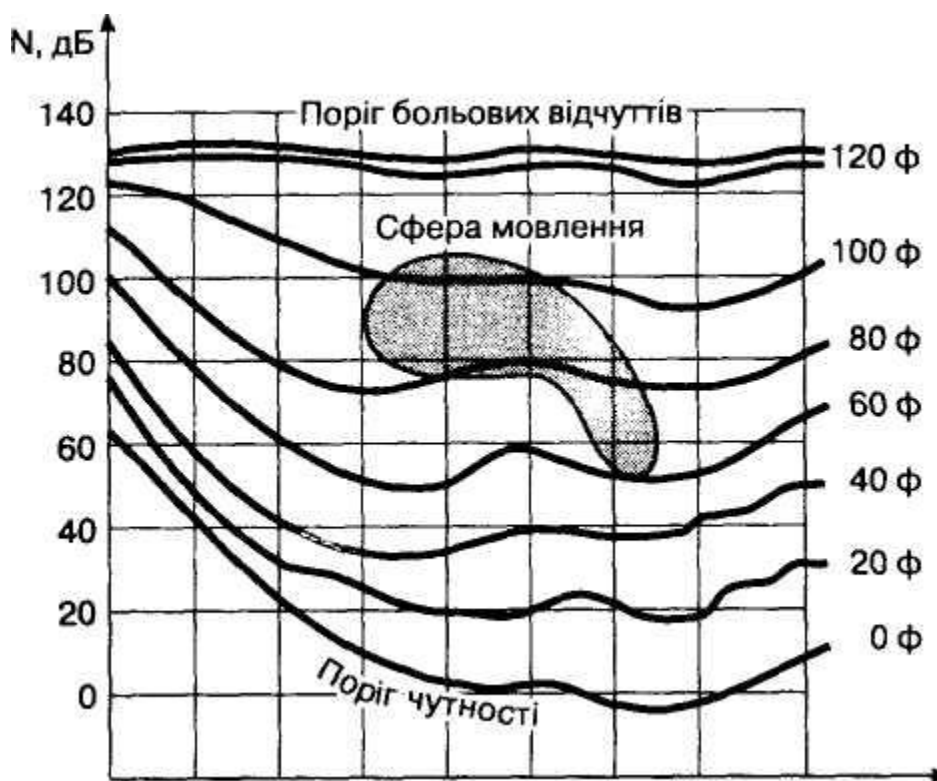


Рис. 1.4 - Крива залежності порогу чутності від частоти [12]

Прослуховування гучної музики в стресових ситуаціях (рок-концерт, дискотека, водіння) супроводжується виділенням активних речовин, особливо адреналіну, що підвищує фізичну активність, агресивність і артеріальний тиск. Підвищена м'язова активність (танці на дискотеці) призводить до виснаження іонів калію K^+ в крові, недостатнього постачання нервових рецепторів у вусі, що знижує живлення клітин, дисбалансу функцій, що призводить до постійного пошкодження та втрати слуху, що в свою чергу призводить до неуважності,

зниження концентрації уваги, порушення сну, депресії, тривожності, панічних атак.

Музика може бути заспокійливою або розслаблюючою, а іноді може підсвідомо стимулювати рухову активність, як, наприклад, на дискотеці. Гучні звуки можна використовувати як стимулятор (бойовий клич). Ультразвуки високої потужності використовуються як зброя – вони можуть пригнічувати свідомість, придушувати опір, викликати больовий шок. Якщо звук підібраний за тоном, збалансований за висотою, гучністю і впливає на організм, який знаходиться в стані розслаблення і людина абсолютно занурена в музику (наприклад, слухання симфонічного концерту), то в цьому випадку музика може спонукати слух, нюх і смак. Вчені розробили спеціальні навушники – «звукові фільтри», які зменшують гучність навколишніх звуків до безпечного діапазону чутності, не спотворюючи і не знижуючи якість звуку. Багато музикантів використовують їх на репетиціях і концертах.

1.3. Вплив акустичних сигналів на психоемоційний та функціональний стан людини

Відомо, що музика впливає на настрій. Вчені довели, що музика має набагато більший вплив на людей, ніж здається на перший погляд. Наукою встановлено певні закономірності впливу різної музики на психічний і фізичний стан людини.

Музика може допомогти людині впоратися зі складними життєвими ситуаціями, що навряд чи можна порівняти з впливом будь-яких інших зовнішніх факторів. Музика може створювати необхідний настрій та підтримувати його. Завдяки прослуховуванню музики, можна розслабитися, відволіктися від проблем, зарядитися енергією, або навіть просто уникнути тиші. Майже у кожної людини є своя улюблена музика, яку він слухає у різних життєвих ситуаціях та під різний настрій. Говорячи про стилі та напрями музики, з одного боку, людина повинна слухати ту музику, яка їй подобається,

але з іншого, дослідження показують, що музика різних жанрів по-різному впливає на людину: може як покращити фізичний чи емоційний стан, так і значно погіршити його [2].

Не менш важливим є стиль музики, а також інструменти, які використовуються у творі. Сьогодні музикотерапія успішно практикується в усьому світі. Звукова терапія класичною музикою добре відома і має комплексний вплив на людину. Моцарт, Бетховен, Бах, Шопен, Чайковський, Вівальді, Шуберт, Дебюссі – ці генії, лікують стрес, хвороби серця, дихальної системи, шлунково-кишкового тракту і навіть рак, не будучи лікарями, а лише за допомогою музики.

Такий же ефект мають мантри. Слова, що викликають вібрації, мають величезну силу. Лише 15-20% звуку, що виробляється при співі мантри, передається в зовнішній простір, а решта звукових хвиль поглинається внутрішніми органами, змушуючи їх вібрувати. Мантри сприяють гармонійному функціонуванню клітин по всьому організмі і благотворно впливають на нервову систему. Всі мантри зазвичай складаються зі складів або фраз, які створюють звукові хвилі певної частоти та енергії. Вони позитивно впливають на свідомість, допомагають зосередитися і налаштуватися на потрібні лад, усувають негативні емоції та психічне сміття. Мантри є ефективним інструментом для допомоги в техніках медитацій та потужним інструментом для настроювання людського розуму на духовний і фізичний розвиток за допомогою звуку. Спів молитви на санскриті благотворно впливає на ліву півкулю мозку, посилюючи позитивні емоції. Різновидів мантр є дуже багато, але частіше за все виділяють такі, що допомагають:

- відновити здоров'я
- знайти щастя та любов
- досягти бажаного
- позбутися страхів та негативу
- залучити удачу та грошовий потік
- розвинути інтелект

Вплив музики на організм людини відомий з давніх часів. До того ж саме явище набагато старше за людський рід. Неоднократні спостереження поведінкових біологів та зоопсихологів підтвердили, що мавпи, ведмеді та деякі інші тварини можуть свідомо заспокоїтися, або навпаки, мотивувати себе, ритмічно постукуючи по гучних предметах, як, наприклад, часто роблять бурі ведмеді.

Звуки високої частоти в сприятливому для людини діапазоні є дуже корисними. Вони підвищують рівень енергії, викликають емоції радості та забезпечують гарний настрій. Високочастотні звуки активізують мозкову діяльність, покращують пам'ять, стимулюють процеси мислення й знімають напругу м'язів.

Вчені завжди виявляли великий інтерес до позитивного впливу класичної та духовної музики на людський мозок, що призвело до великої кількості досліджень на цю тему. Французький отоларинголог Альфред Томатіс після вивчення музичних творів, складених кількома композиторами, виявив, що більшість музики Моцарта містить високочастотні звуки, які можуть заряджати і активувати мозок. Дуже корисно слухати звуки птахів, звуки природи. Розширений діапазон мовлення (від 60 до 6000 Гц) також важливий, оскільки мова є складним сигналом, який містить багато гармонік на додаток до основних.

«Робоча» частота мозку становить близько 8 Гц. Інфразвук впливає на центральну нервову систему. Рано чи пізно інфразвуки тієї ж частоти викличуть резонанс у нервових клітинах. «Гра» частотами прискорює серцевий ритм і підвищує кількість адреналіну в крові, що призводить до штучного збудження.

Вплив низьких частот у поєднанні зі спалахами світла частотою 6-8 Гц позбавляють людину усвідомленої глибини. При частоті 25 Гц спалах збігається з частотою біоелектрики мозку, і людина може втратити контроль над своєю поведінкою.

Дослідження показали, що вплив низькочастотних звуків на людину переважно негативний. Вони можуть викликати зниження сили, депресію або сприйматися як загрозові, наприклад, гуркіт землетрусів, лавин, грому, руйнування будівель тощо. Повторювані ритми та низькочастотні звуки бас-гітари різко впливають на стан спинномозкової рідини, тим самим впливаючи на функцію залоз, що регулюють секрецію гормонів, значно змінюючи рівень інсуліну в крові. Основні показники самоконтролю різко знижується або повністю нейтралізується [6].

Позитивний і негативний впливи ритму люди помічали ще з давніх часів. У минулому столітті страти проводили на площах з гучними, жорсткими, монотонними ударами барабанів, щоб викликати страх. Під оглушливий барабанний удар відбулася таємнича подія на честь фрігійської богині Кібели, що призвело до самоспалення та інших форм самокатування серед жерців. На честь Діоніса на свята гуляли і карнавали. З частотою 1,5 рази в секунду, що супроводжується потужною гіперчастотою (15-30 Гц), людина відчуває екстаз, входить в наркотичний стан з тією ж частотою 2 удари в секунду.

У 1960-х роках в Америці з'явилися поп-групи, які класифікували себе як «Acid-Rock». Основою цього напрямку є ритм із трьома темповими поділами: 120, 150 і 300 ударів за хвилину. Американські нейрохірурги роками вивчають ритмічний токсикоз – захворювання, яке вражає більшість підлітків, які активно слухають рок і поп-музику. Тим часом афроамериканці відчували лише мінімальний дискомфорт, тому що ритм музики був у них в крові. Щодо всіх інших, то дослідження показують, що класична музика, яка враховує природні біоритми, для них більш органічна. Більшість творів, написаних Моцартом, Вівальді та Бахом, мають ідеальний ритм – 60 ударів за хвилину, що відповідає природному, здоровому серцебиттю.

Необоротний процес відбувається, коли в організмі мерехтять висока гучність, низька частота та різке прискорення й мерехтіння світла на частоті 6-25 Гц:

- відбувається виділення в організмі стресгормонів, які знищують у мозку частину інформації, внаслідок чого відбувається деградація особистості;
- викликається резонанс клітинних структур організму, внаслідок чого виникає стан, аналогічний до прийому наркотиків або алкоголю;
- відбувається перебивання пульсу людського серця та неузгодженість роботи нервової системи та ендокринних залоз;
- викликається ефект кавітації (молекули води в тканинах розігріваються, вода починає розривати навколишню живу матерію);
- відбувається пошкодження внутрішніх органів, крововиливи, набряки, артрити;
- виявляється негативний вплив на центральну нервову систему.

Бійки та агресивна поведінка вже давно нікого не дивують, а також були зафіксовані самогубства після рок-концертів, і навіть були випадки надмірно тяжкого ураження мозку на високих чи низьких частотах.

Професор Університету Шеффілд Кеті Оверрі розглядає аспекти так званих «інтелектуальних переваг» музики [8]:

- підвищення рівня читацьких навичок
- підвищення рівня мовленнєвих навичок
- поліпшення навичок, необхідних для вирішення просторових і тимчасових завдань
- поліпшення концентрації уваги
- вдосконалення пам'яті
- вдосконалення моторної координації.

Музика, в якій звуки, ритми та музичні образи підпорядковані законам гармонії – консонанс, благотворно впливає не тільки на здоров'я та розвиток людей, але й на розвиток усього живого. В Японії був проведений експеримент за участю 120 годуючих матерів. Половина слухає класичну музику, інша половина – поп. У першій групі кількість виробленого молока у жінок зросла на 20%, а в другій – зменшилася вдвічі. [4]

Дуже корисна так звана музика природи. Звуки моря, дощу, дельфінів заспокоюють, звуки лісу знижують тиск і нормалізують роботу серця, спів птахів допомагає зібратися з думками і викликати приплив позитивних емоцій. В основі всіх відомих видів звукотерапії лежить принцип резонансу. За принципом акустичного резонансу звук і музика дуже глибоко і багатогранно впливає на всі функції людини. Цей принцип ґрунтується на основі відповідності звукових частот структурній будові тканин і органів людини, а ритму музики - ритму його життєвого процесу.

Більшість досліджень показують, що прослуховування музики під час роботи підвищує нашу продуктивність, креативність і робить нас щасливішими. У 1972 році в журналі «Applied Ergonomics» було опубліковано дослідження, в якому пропонувалося слухати фонову музику під час виконання щоденних завдань, щоб підвищити продуктивність співробітників.

У 1994 році журнал Американської медичної асоціації опублікував результати дослідження, яке показало, що хірурги працювали точніше та ефективніше під музику. Музика, обрана учасниками експерименту, показала найкращі результати, а хірурги, які працювали під музику, яку обрали для них вчені, показали кращі результати, ніж ті, хто працював мовчки.

У 2005 році дослідження, опубліковане в журналі Psychology of Music, показало, що розробники програмного забезпечення були більш мотивованими і продуктивними, коли слухали музику [5].

1.4. Висновки

Слухова система людини складається з вуха й провідного шляху статокінетичного аналізатора. Розрізняють зовнішнє, середнє та внутрішнє вухо. Зовнішнє вухо призначене для концентрації, посилення звуків, розпізнавання напрямку розташування джерела звуку, а також захисту від пошкоджень барабанної перетинки, підтримання необхідної температури та вологості навколо неї. Барабанна порожнина є найважливішою частиною

середнього вуха, і складається з молоточку, коваделка та стремінця. Барабанна перетинка поєднана з носоглотковою порожниною слуховою трубкою, яка виконую важливі вентиляційну та барометричну функції. Коли стремінце в середньому вусі хитається, то хвиля, що коливається, рухається від нього вздовж базилярної мембрани до верхньої частини завитки.

Для людського вуха діапазон сприйняття звуку становить від 16 Гц до 20 кГц. Важливою особливістю слухового сприйняття є так званий бінауральний ефект. Його основними властивостями є просторова локалізація, ефект передування, бінауральне сумування гучності та бінауральне демаскування. Аналізатори слуху людини чутливі до висоти, інтенсивності та тембру звуків.

Звуки мають великий вплив на психо-емоційний та фізичний стан людини. Безліч дослідів допомогли виділити конкретні закономірності впливу різної музики на людину, як в позитивному, так і в негативному плані, в залежності від стилю музики та інструментів, що використовуються в композиції. Таким чином, низькочастотні звуки негативно впливають на людину, викликаючи занепад сил, депресію, різко погіршують стан спинномозкової рідини, тим самим впливаючи на функцію залоз, що регулюють секрецію гормонів, значно змінюючи рівень інсуліну в крові. В той же час класична музика широко застосовується для музичної терапії – лікують стрес, хвороби серця, дихальної системи, шлунково-кишкового тракту, рак. Так само позитивний вплив несуть мантри, пливаючи на свідомість, допомагаючи зосередитися і налаштуватися на потрібний лад, усуваючи негативні емоції та психічне сміття.

РОЗДІЛ 2

ЗАСТОСУВАННЯ МУЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ ФІЗИЧНОГО ТА ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ

2.1. Загальні вимоги, методика проведення, області застосування

2.1.1. Загальні вимоги. Музикотерапія передбачає цілеспрямоване використання музики для покращення фізіологічного та психоемоційного стану. В музикотерапії використовують найрізноманітніші види музики: від електронних записів до самотійного освоєння музичних інструментів.

За визначеннями окремих практиків під музикотерапією розуміють:

- спосіб педагогічного впливу, оптимізуючий творчі сили;
- метод лікування окремих аспектів фізіологічних і психологічних захворювань;
- спосіб усунення симптомів психосоматичних захворювань, заснований на прослуховуванні музичних творів.

Мета музикотерапії – нормалізація емоційного стану людини. У відповідності з метою визначені наступні завдання музикотерапії:

- створити умови для емоційної розрядки;
- покращити навички саморегуляції у клієнта;
- розвивати стресостійкість;
- здійснювати профілактику депресії;
- сприяти поліпшенню психічного і фізичного здоров'я;
- створити умови для особистісного зростання клієнта. [11]

2.1.2. Методика проведення. Розрізняють три основні засоби музикотерапії:

1. Активний – пацієнти співають, навчаються грі на музичних інструментах, використовують їх для інших видів терапії.

2. Інтегративний – спільно з музикою використовується додатковий метод терапії: малювання, ліплення, рухлива гра. Дії виконують під музику або відразу після прослуховування, висловлюючи відчуття.
3. Рецептний – пацієнти слухають музику, не виконуючи ніяких інших дій. Для цього виду лікування вибирають класичні музичні твори, для створення яких використовували різні інструменти. Пацієнтам пропонується вслухатися в мелодії, співвідносячи їх з реакцією свідомості і підсвідомості.

Методи лікування музикою підбираються індивідуально. Головна задача музичного терапевта – вибрати варіант, який буде викликати у пацієнтів тільки позитивні асоціації. Якщо музика пробуджує неприємні спогади, ефект від лікування буде мінімальним або навіть негативним.

Терапевтичні вправи складаються із декількох етапів:

1. Діагностика загального стану пацієнта.
2. Вибір мелодій, що відповідає цілям корекційної роботи.
3. Прослуховування мажорних мелодій для зняття емоційної напруги.
4. Прослуховування розслаблюючих мелодій для отримання позитивних емоцій.

Після музичного впливу рекомендується записати або намалювати свої враження. Це допоможе відстежити вплив мелодії на сприйняття і при необхідності скорегувати підбір музики. [11]

2.1.3. Області застосування. Музикотерапія має широкий спектр дії. Численні дослідження відзначають її позитивний вплив в області:

1. Психіатрії і психотерапії. Психіатри відзначають, що прослуховування композицій Моцарта і Баха знижують напади епілепсії, агресивність та рівень тривожності.
2. Реабілітаційної гімнастики. Медики використовують музику різних ритмів для ходьби, бігу, фізичних вправ. Поступове збільшення навантаження переноситься легше, якщо вправи виконуються під музику. Також прослуховування мелодій допомагає зберігати позитивний настрій.

3. Лікування серцево-судинних захворювань. Мелодії певного ритму уповільнюють серцебиття. Досить щодня прослуховувати розслаблюючі мелодії протягом 10 хвилин, щоб нормалізувати серцевий ритм. Для цього ідеально підходять арії Верді.
4. Роботи з мисленням і пам'яттю. Музикотерапія є зручним способом для тренування пам'яті. Музика освіжає спогади, викликаючи в підсвідомості певні асоціації. Це стимулює роботу мислення і активує резерви мозку.
5. Лікування безсоння. Приємні розслаблюючі мелодії допомагають у вирішенні проблем сну. Регулярне прослуховування музики перед сном допомагає швидше заснути і нормалізувати режим. Також приємні мелодії допомагають позбутися від кошмарів.

Використання музики в лікуванні різних захворювань не є основним методом, але допомагає значно підвищити настрій пацієнта, стимулюючи його імунітет, підвищуючи опірність стресу. Використання музикотерапії, як метод психологічної корекції, дозволяє допомогти людям з психологічними захворюваннями різної тяжкості. Гра на музичних інструментах допомагає позбавитися від різних патологій:

1. Психоневрологічних порушень. Психотерапевти відзначають два види неврозів: неврастенія та істеричний невроз. Перший виникає з-за емоційних та інтелектуальних перевантажень, другий – розвивається під впливом фрустрації. Для лікування неврастенії використовують інструменти, що дозволяють задавати ритм грі: барабани, там-тами. Для зняття істеричних симптомів більше підходять спокійні, заспокійливі практики, наприклад, гра на флейті.
2. Порушень розвитку волі. Здатність ставити і досягати цілей в нормі починає розвиватися в дошкільному віці і остаточно формується у старшому підлітковому віці. Доросла людина з порушенням вольових процесів страждає лінню – прагненням відмовитися від подолання труднощів, невмінням визначити і досягти мети. Спів і музику

допомагають сформувати необхідні якості для розвитку волі: почуття задоволення роботою, розширення кола інтересів, самоповагу.

3. Синдрому дефіциту уваги та гіперактивності у дорослих і дітей. Гіперактивність активно проявляється в дошкільному віці. У більшості людей інтенсивність симптомів знижується до 14 років, але в деяких випадках зберігається в дорослому віці. Імпульсивність і нездатність надовго утримувати увагу заважає вчитися, працювати, виконувати елементарні побутові обов'язки. Психокорекція музикою допомагає знизити ознаки гіперактивного поведінки, заохотити цілеспрямовану активність і знизити безцільну рухливість.
4. Тривожності і страхів. Постійне почуття тривоги заважає відчувати позитивні емоції і фокусує увагу на негативних. Людина перебуває в емоційному напруженні, не може розслабитися, швидко втомлюється. Експресивна музика, супроводжувана танцювальними рухами, вивільняє емоції, підвищує позитивне сприйняття, усуває емоційний конфлікт.
5. Музична релаксація – сильний емоційний вплив. Найчастіше воно використовується в комплексі з іншими методиками. На відміну від інших методик, вплив музикою майже не викликає у пацієнтів негативного ставлення, тому є популярною і бажаною практикою.

При роботі з дітьми (особливо з порушеннями фізичного і психічного розвитку) музична терапія надає сильне благотворний вплив і суттєво коригує стан. Використовується для профілактики та психологічної корекції особистісного розвитку. Музикою лікують психосоматичні розлади, психоемоційні відхилення, усувають труднощі в соціально-адаптивних процесах. Це прекрасний інструмент творчої стимуляції, підвищення рівня художньо-естетичних потреб.

Дитяча рецептивні музикотерапія покликана позбавити дитину від внутрішнього напруги, викликати позитивні почуття і емоції, відрегулювати вегетативні процеси. Зазвичай проводиться індивідуально з дитячим

психологом. Частий формат – «музичні картинки», «музичне моделювання», «жива музика», «музичний сон».

Для роботи з дітьми арт-терапевти застосовують класичну інструментальну музику та звуки природи.

У літньому віці людина стикається з поступовим згасанням когнітивних процесів і соціальним відчуженням. Музична терапія допомагає справлятися з такими проблемами:

1. Порушеннями роботи пам'яті. Вибіркова амнезія – часта проблема, що передує хворобі Альцгеймера. Прослуховування музики розглядається в якості профілактичного засобу.
2. Порушеннями розслаблення і напруження м'язів. Нездатність контролювати власні рухи викликає у літніх людей паніку. Музикування дозволяє частково підвищити м'язовий контроль і уникнути пов'язаних з ним страхів.
3. Розвитком неврозів. Зниження мозкової активності стає причиною більшості захворювань в старечому віці. Прослуховування класичної музики покращує роботу мозку.

Емоційне розвантаження в груповій терапії допомагає уникнути віддалення від інших людей, знайти нове захоплення і коло спілкування. У психології музикотерапію використовують в основному для зменшення впливу стресу. Щоб нормалізувати психічний стан, психологи рекомендують щодня прослуховувати улюблені мелодії протягом 10-15 хвилин. Вслухаючись у послідовну зміну звуків, людина мимоволі фокусується на мелодії, відсторонюючись від зовнішнього світу. Це допомагає його психіці пройти своєрідну перезавантаження, позбутися впливу накопиченого стресу.

Слухати класичну музику рекомендують людям з проблемами у спілкуванні. Часто боязнь людей і спілкування криється в дитячих комплексах. Пережите негативне враження може назавжди позбавити людину здатності створювати близькі стосунки і навіть просто почати розмову. Музика знімає напруження, яке люди відчувають при спробі комунікації. Заспокійливі мелодії допомагають

навчитися виражати емоції. Нерідко емоційний фон людини порушений настільки, що він не в змозі визначити власні емоції і адекватно висловити їх. Йому складно відрізнити втомау від нудьги, гнів від образи, роздратування від заздрості. Музика допомагає відчувати пригнічені емоції, і заново навчитися демонструвати їх. [11]

2.2. Відбір музичного матеріалу для проведення музичної терапії

Не існує єдиної універсальної системи по відборі музичного матеріалу для проведення музичної терапії. Причиною є те, що працюючи з одним й тим самим матеріалом, можна отримати зовсім різні результати. Кожна людина унікальна, а отже кожен обирає те, що більш подобається та що є кращим саме для його організму.

Численні дослідження були проведені задля вивчення впливу музики на різні системи людини. Показники серцево-судинної системи та вегетативних реакцій можуть змінюватися залежно від висоти, сили і тембру звуку, тональності й темпу музичної композиції. Те, що музика дійсно впливає на фізіологічний стан пацієнтів було доведено великою кількістю досліджень. Наприклад, щоб підвищити пульс, тонус м'язів, артеріальний тиск та температуру шкіри, слід прослуховувати швидко мажорну музику. Невелика, повільна музика може знизити частоту серцевих скорочень, знизити систолічний кров'яний тиск, а також тонус м'язів і температуру шкіри.

Насьогодні завдяки сучасним технологіям музику можна слухати в будь-якому місті і в будь-який час. Людям доступний широкий вибір матеріалів для терапії на будь-який смак, проте, як і у випадку з книгами, не всі музичні твори однаково корисні. Обираючи матеріали для музичної терапії, необхідно бути досить обережними та навіть прискіпливими, ретельно дослідити це питання, оскільки психологічний і фізичний вплив є величезними, навіть якщо ми цього не усвідомлюємо.

Не приносить користі прослуховування низьковібраційної музики, що не підносить дух і не одухотворяє. До такої належать низькоякісний рок, депресивні та похмурі твори, електронна «нежива» музика.

Вчені дослідили, що певні ноти впливають на певні органи:

- нота До – знаходиться на частоті, що має вплив на функції шлунку;
- нота Ре – впливає на жовчний міхур;
- нота Мі – допомагає відновити функціонування органів зору та слуху;
- нота Фа – пов'язана з сечостатевою системою;
- нота Соль – відповідає за функції серця;
- нота Ля – впливає на легені і нирки;
- нота Сі – контролює енергообмін [16]

Деякі музичні інструменти також мають лікувальну дію: наприклад, орган – системно впливає на організм, підвищуючи вібрації людини. Печінка добре реагує на звуки кларнета, саксофон допомагає при лікуванні сечостатевих розладів. Струнні інструменти, можна сказати, торкаються «струни душі»: таким чином скрипка може допомогти вилікувати серцево-судинні захворювання.

Для музичної терапії потрібно обирати лише такі твори, які викликають позитивні емоції. Дослідники, які вивчають вплив музики на людину, вважають, що універсальним підходом до такої терапії є роботи Вольфганга Амадея Моцарта. Класична музика є дуже корисною, адже ритми класичної музики та біологічні ритми мозку збігаються. Слухання творів Моцарта покращує пам'ять, концентрацію і навіть інтелектуальні здібності. Його композиції підходять для використання людьми усіх вікових категорій: від дітей до дорослих та людей похилого віку, а також тим, в кого налічуються важкі порушення мозкової діяльності. [11]

В якості стимульного матеріалу часто використовується уривок із музичного твору Ріхарда Вагнера «Політ Валькірії», що є ерготропним – тобто на психологічному рівні сприяє емоційному підйому, а на фізіологічному –

загальній активації, що виражається у підвищенні артеріального тиску, почастішанні дихання та пульсу. У той же час, популярний у музикотерапії твір Йоганна Себастьяна Баха «Концерт для фортепіано фамінор. Тв. 2» відноситься до трофотропних – тих, що сприяють почуттю спокою на психологічному рівні та загальному зниженню напруги на фізіологічному. Також для терапії використовують різноманітні класичні твори композиторів: Моцарта, Гайдна, Бетховена, Шуберта, Шопена та Брамса [17].

Аналогічно кольорам світла, розрізняють «кольори» звуку. Виділяють білий, коричневий та рожевий шуми.

Рожевий шум – це навколишній шум, який створює постійний фоновий звук, який допомагає заглушити інші звуки, завдяки якому раптовий гучний шум не буде настільки дратувати наш мозок. Такий шум підкреслює звуки низької частоти та вважається схожим на радіостатичний. Його описують як «шаблон», який знаходиться десь між «чистою випадковістю та корельованим рухом». Той факт, що рожевий шум не є абсолютно випадковим, але також не повністю структурований, є частиною того, що заспокоює наш мозок, поки ми спимо.

Білий шум відрізняється від інших звуків, зокрема рожевого шуму, тим, що він взагалі не має шаблону, а є звуковим втіленням чистого хаосу. Це суміш усіх частот, які люди можуть почути (від 20 Гц до 20 000 Гц), які запускаються випадковим чином з однаковою потужністю на кожній частоті – наприклад, 20 000 різних тонів, які грають одночасно. Поряд зі своєю чистою випадковістю, білий шум також включає рівну комбінацію високих і низьких частот. Інший спосіб уявити білий шум – це провести аналогію зі світлом. Подібно до того, як біле світло містить усі довжини хвиль видимого спектру з однаковою інтенсивністю, білий шум має однакову потужність на всіх частотах, які чує людське вухо. Білий шум звучить так само, як радіо або телевізійна статика. Так само, як рожевий шум маскує зовнішні шуми, білий шум робить те ж саме, але оскільки він включає всі частоти, білий шум може краще блокувати тривожні шуми під час сну.

Коричневий шум (або Броунівський) – це один із видів звуку, названий не на честь кольору, а на честь людини. Роберт Браун відкрив «броунівський рух», при якому частинки рухаються випадковим чином. Так само, як і білий шум, коричневий шум також генерує звук випадковим чином, але, на відміну від білого шуму, енергія зменшується, коли частота зростає, і навпаки. Білий шум – це всі частоти одночасно з використанням однакової енергії. Зміна енергії або потужності, відмінна від коричневого шуму, надає йому більше басів на нижчих частотах. Це дещо відрізняється від рожевого шуму, бо рожевий шум зменшує потужність, оскільки його ноти стають вищими за частотою. Коричневий шум є найкращим для концентрації, і тому його вважають найкращим звуком для роботи. [13]

2.3. Переваги та недоліки музичної терапії

Однією з переваг музикотерапії є те, що вона забезпечує полегшення фізичного та душевного болю, не змушуючи вас турбуватися про пошук потрібних ліків. Музикотерапія є чудовим ресурсом поряд з іншими формами знеболюючих або психотерапевтичних засобів, які можуть викликати почуття страждання.

Музикотерапія може бути дуже персоналізованою, що робить її придатною для людей будь-якого віку – навіть дуже маленькі діти можуть отримати користь. Цей метод терапії також є досить різностороннім і пропонує переваги людям з різними рівнями музичного досвіду та з різними проблемами психічного чи фізичного здоров'я.

Займаючись музикою, можна:

- активувати ділянки мозку, які впливають на такі речі, як пам'ять, емоції, рух, деякі мимовільні функції, прийняття рішень;
- задовольнити соціальні потреби літніх людей у групових умовах;
- знизити частоти серцевих скорочень та артеріального тиску;
- розслабити м'язову напругу;

- вивільнити ендорфіни;
- зняти стрес і заспокоїтись;
- зміцнити моторні навички та покращити комунікацію для дітей та молодих людей із вадами розвитку або навчанням [14].

Ще одним плюсом терапії за допомогою музики є його вартість, відсутність побічних ефектів та звикання. Лікування таким способом є недорогим, адже наразі вже є багато джерел, доступних кожному, де можна знайти інформацію щодо даного типу терапії. Кожен може підібрати собі матеріали, що найбільш підходять, а отже кожна людини, незважаючи на свій матеріальний стан, може дозволити собі таку терапію.

На жаль, музика також може завдати шкоди так само, як і допомогти, створюючи помилкові спогади, розгубленість і переживання. Музика може змусити нас відчувати те, чого ми давно не відчували – або, можливо, ніколи раніше – і змусити нас говорити речі, які не мають відношення до реальності.

Існують певні жанри, типи музики, які можуть викликати підвищення тривоги в деяких людей, замість зняття стресу.

Також недоліком є вже раніше згадувана відсутність єдиної системи по відборі музичного матеріалу для терапії. Тобто є ризик, що з першого разу обрана музика не дасть очікуваного результату. А те, що допомогло одній людині, може не дати жодного ефекту для іншої. Тож для кожної людини все слід підбирати індивідуально.

Проблемою може стати й те, що музикотерапія не є миттєвим вирішенням проблем із тривогою, стресом чи депресією. Для того, щоб побачити реальні та тривалі переваги від музикотерапії, потрібно присвятити їй досить багато часу. Цей час може бути важким для деяких людей [15].

2.4. Висновки

Метою музикотерапії є нормалізація емоційного стану людини. Є три основні засоби музикотерапії: активний, інтегративний та рецептивний. Методи лікування музикою підбираються для кожної людини індивідуально.

Музикотерапія має широкий спектр застосування: в психіатрії і психотерапії, реабілітаційній гімнастиці, в лікуванні серцево-судинних захворювань, в роботі з мисленням та пам'яттю, лікуванні безсоння. Така терапія допомагає позбавитись психоневрологічних порушень, психосоматичних розладів, психоемоційних відхилень, усувають труднощі в соціально-адаптивних процесах.

Не існує єдиної універсальної системи по відборі музичного матеріалу для проведення музичної терапії. Причиною є те, що працюючи з одним й тим самим матеріалом, можна отримати зовсім різні результати. Кожна людина унікальна, а отже кожен обирає те, що більш подобається та що є кращим саме для його організму.

При відборі матеріалу для терапії, слід звертати увагу на музичні інструменти, що звучать у творах, оскільки різні інструменти впливають на різні органи. А також кожна нота відповідає за певний орган, тож, в залежності від вибору музичного матеріалу, можна надати лікувальну дію не тільки ментальному здоров'ю, але й певним фізичним органам. Частіше за все, для терапії використовують класичні твори Баха, Вагнера, Моцарта, Гайдна, Бетховена, Шуберта, Шопена та Брамса.

Музикотерапії має такі переваги: забезпечує полегшення фізичного та ментального болю, без використання ліків. Музикотерапія може бути дуже персоналізованою, що робить її придатною для людей будь-якого віку та з абсолютно різними рівнями музичного досвіду та з різними проблемами психічного чи фізичного здоров'я. Також лікування таким способом є недорогим, не має побічних ефектів та не викликає звикання, а отже кожен, незважаючи на свій матеріальний стан, може дозволити собі таку терапію.

Недоліками музикотерапії є те, що на жаль, музика може створити помилкові спогади, які не мають відношення до реальності. Недоліком є відсутність єдиної системи по відборі музичного матеріалу для терапії. Також щоб побачити реальні та тривалі результати, треба присвятити цьому досить багато часу.

3 РОЗДІЛ

ДОСЛІДЖЕННЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЇ

3.1. Електричні коливання, що виникають при роботі мозку

Мозок людини є складною системою з резонансно-динамічною реакцією. Мозок може змінювати ритм своєї діяльності під дією зовнішніх впливів. Електроенцефалограма фіксує зміни електричних потенціалів клітин головного мозку у вигляді ритмів, які відрізняються амплітудою, частотою, формою хвилі.

Основні ритми мозку (рис. 3.1) – це альфа – (частота від 8 до 13 Гц, амплітуда 15-100 мкВ), бета – (частота від 13 до 40 Гц, амплітуда 3-10 мкВ), дельта – (частота від 0,3 до 4 Гц, амплітуда 20-30 мкВ), тета – (частота від 4 до 7 Гц, амплітуда до 40 мкВ), і гамма-ритм (частота від 35 до 500 Гц, амплітуда зазвичай до 10 мкВ) [24].

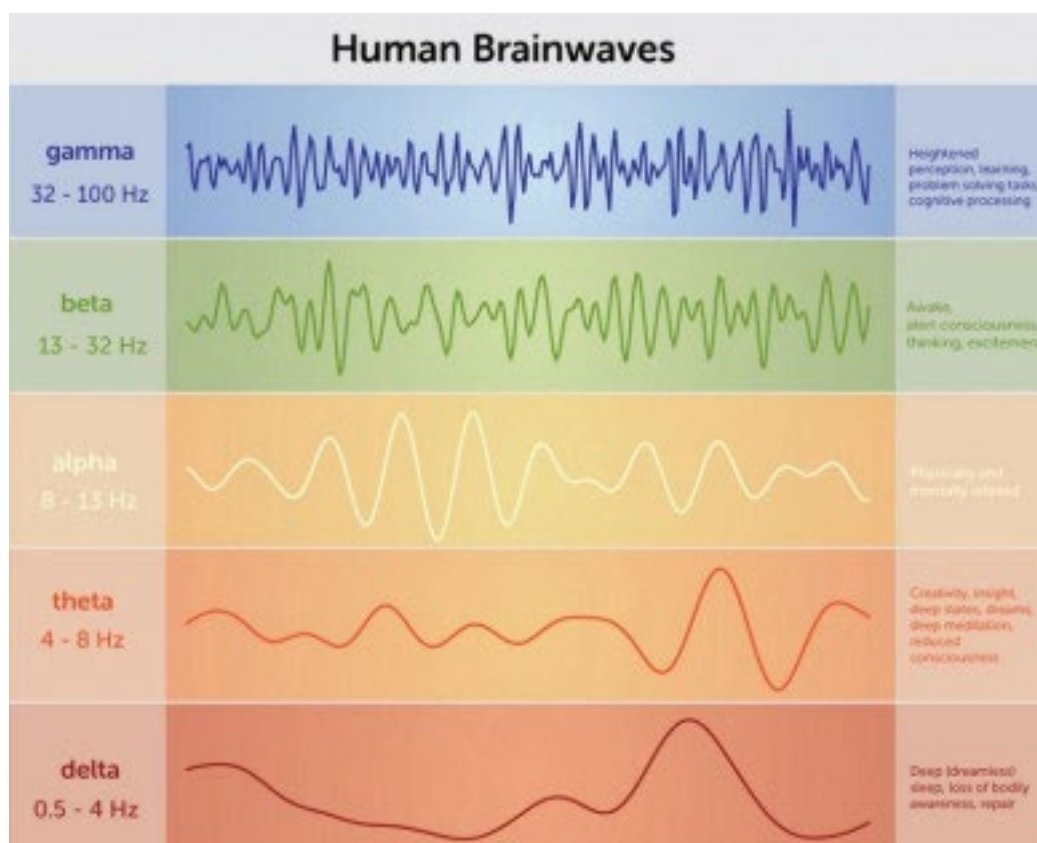


Рис. 3.1. Ритми головного мозку [19]

Альфа-ритм (α -ритм) є найбільш постійним з усіх. Амплітудна модуляція є характерною особливістю даного коливання. Альфа-ритм в основному проявляється в задній частині мозку, коли пацієнт знаходиться із закритими очима, у спокійному стані, з максимально розслабленими м'язами. Його блокують світлові подразники, підвищення концентрації уваги та розумові навантаження. При більш детальному аналізі структур ЕЕГ можна виділити швидкий і повільний види альфа-ритмів. Від фізичних і психологічних навантажень альфа-ритм не залежить. У період глибокою сну, тобто кілька годин щодня, обидві півкулі мозку працюють у альфа-ритмі. [18]. Альфа-хвилі переважають тоді, коли панують спокійні думки, а також коли людина перебуває в медитативному стані. Це стан, коли мозок розслаблений, а альфа-хвилі сприяють гармонізації розуму і тіла. Альфа-хвилі в правій півкулі, як правило, прагнуть вищих частот, а низькі альфа-хвилі в правій півкулі пов'язані з негативною поведінкою, як, наприклад, абстрагування від соціуму або депресивний стан. [19]

Бета-ритм (β -ритм) домінує в періоди засинання, під час виконання когнітивних завдань. Бета-хвилі переважають, коли ми уважні, зосереджені, пильні, думаємо над вирішенням проблем, прийняттям рішень. Бета-ритми мозку найчастіше переважають в лівій півкулі головного мозку.

Низькі бета-хвилі (13-15 Гц) вважаються "швидким байдикуванням", бета-хвилі з середньою активністю (15-22 Гц) виникають при активних думках, а високі хвилі (22-32 Гц) свідчать про наявність дуже складних роздумів, коли людина отримує новий досвід або має високий рівень тривоги та хвилювання [19]. Бета-ритм ще проявляється при обробці інформації, процесі роздумування, коли підключається логіка. Без нього будь-яка активна діяльність і спілкування були б неможливі. Однак, якщо постійно стимулювати бета-активність таким чином, то мозок перевтомлюється, порушується сон, погіршується настрій, а іноді навіть виникають серйозні неврологічні розлади [18].

Гамма-ритм (γ -ритм) – являє собою найбільш високочастотні хвилі, які пов'язані з максимальними концентраціями та рівнями когнітивних функцій. Низький рівень гамма-активності пояснюється складнощами з навчанням, погіршенням пам'яті та розумових здібностей. Висока ж активність гамма-ритму говорить про високий рівень IQ, схильність до емпатії, гарну пам'ять та прекрасний настрій.

Поточна клінічна цінність гамма-хвиль обмежена, так як на даний момент їх неможливо виміряти ефективно за допомогою існуючих методів ЕЕГ через спотворення сигналу, обумовленими рухом м'язів [19].

Тета-ритм (θ -ритм) головного мозку формується ще з 2-х місяців від зачаття, а його реєстрація доступна вже на 3-й місяць вагітності. Його переважання спостерігається до 3-х річного віку малюка, а у дорослих проявляється в активному стані, в стані спокою, і з часом переходить у сон [18].

Дельта-ритм (δ -ритм) головного мозку формується ще з тих часів, як дитина знаходиться в материнському утробі, а зафіксованими ці хвилі можуть бути вже на 4 місяці вагітності. Активізується дельта-ритм в процесі глибокого сну, коли немає сновидінь. Даний ритм є найбільш повільним з усіх. Може утворюватися при глибокому природному сні, або при наркотичному сні, чи при комі, зустрічається також на ділянках, з можливими патологічними ураженнями [18].

3.2. Електроенцефалограф

Електроенцефалограф – це прилад, що використовується для запису електроенцефалограми, і дозволяє зробити висновки про функціональний стан головного мозку, шляхом реєстрації його біоелектричної активності.

На сьогоднішній день найбільшого поширення набули електроенцефалографічні комп'ютерні комплекси, що призначені для обробки, зберігання, аналізу і друку біоелектричних потенціалів головного мозку, які в цифровому вигляді передаються підсилювачем в комп'ютер.

Електроенцефалографічні комплекси можуть бути представлені в двох варіантах – стаціонарному та портативному (переносному).

Зазвичай, стаціонарний електроенцефалографічний комплекс (рис. 3.2) складається з:

- 1 - камери для відео моніторингу;
- 2 – монітору з даними;
- 3 - власне електроенцефалографа;
- 4 – електродів;
- 5 – комп'ютера для обробки отриманих даних [20].



Рис. 3.2. Стаціонарний електроенцефалограф [20]

Структурна схема електроенцефалографа (рис. 3.3) складається з блоку перемикання, блоку підсилювача та фільтра, аналого-цифрового перетворювача

(АЦП) і, за бажанням, додаткових пристроїв введення та виведення, блоку процесора, блоку стимуляції та генератора калібрувального сигналу [20].

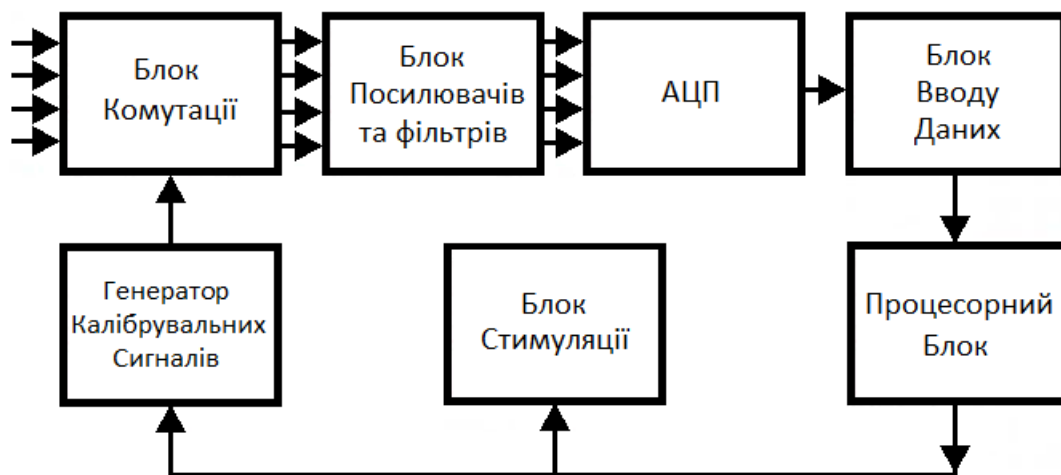


Рис. 3.3. Структурна схема електроенцефалографа [20]

Комутаційний блок – це панель електроенцефалографа з гніздами підключення лідів – проводів, які з'єднують електроенцефалограф з електродами. Блок комутації відповідає за те, скільки електродів підключені.

У **блоці підсилювача та фільтрів** сигнал ЕЕГ обробляється апаратно. Посилення й фільтрація виконуються в кілька ступенів, використовуючи високо- і низькочастотні фільтри та режекторний фільтр – такий, що усуває електромагнітні перешкоди, створені мережею та обладнанням навколо.

Аналого-цифровий перетворювач створює дискретний сигнал для комп'ютерної обробки, шляхом перетворення аналогового сигналу ЕЕГ. Зазвичай для цього обирають АЦП розрядністю 24 біти.

Блок введення даних перетворює сигнал ЕЕГ, щоб далі блок процесору міг обробити його.

Процесорний блок візуалізує сигнал, щоб його можливо було побачити наочно. Далі, користуючись спеціальним програмним забезпеченням, електроенцефалограма може бути оброблена на комп'ютері і проаналізована.

Блок стимуляції є необов'язковим. Такий блок являє собою різні пристрої фото- або аудіостимуляторів, що використовуються для виконання функціональних тестів оцінювання активності мозку.

Генератор калібрувальних сигналів потрібен для того, щоб перед дослідженням відкалібрувати електроенцефалограф.

3.3. Методика проведення електроенцефалографічного дослідження

Електроенцефалограф реєструє біоелектричну активність головного мозку за допомогою електродів. Вони прикладаються до шкіри голови за однією з двох схем (рис. 3.4-3.5). Вибір проекції обумовлюється метою дослідження. Для клінічних цілей обирається схема накладання електродів 10-20. Для наукових випробувань – схема 10-10. [20]

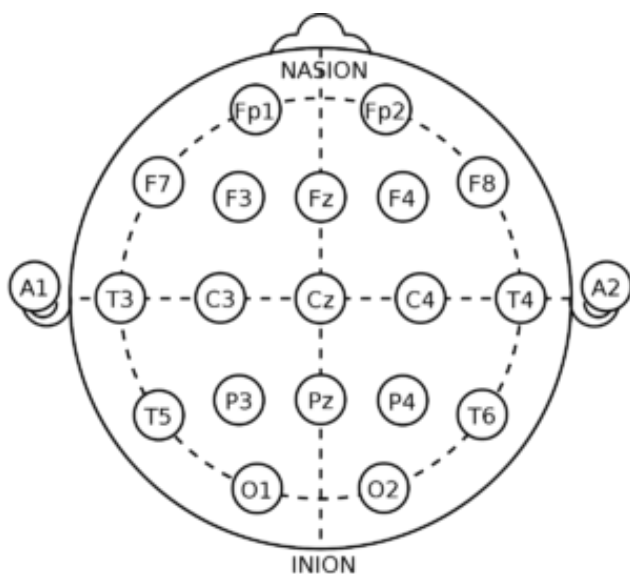


Рис. 3.4. Схема накладання електродів 10-20 [20]

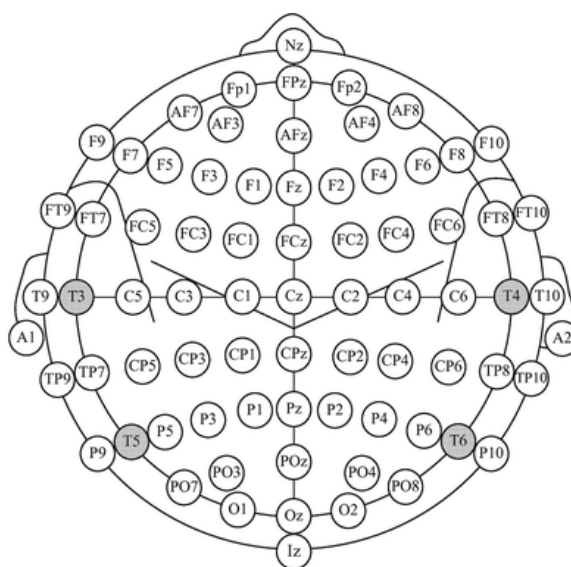


Рис. 3.5. Схема накладання електродів 10-10 [21]

Процедура триває від 30 хвилин до 2 годин на денний час. За 12 годин до проведення електроенцефалографії слід припинити вживання енергетиків та продуктів, з кофеїном у своєму складі, як, наприклад: кава, шоколад, чай, кола, енергетичні напої. Останній прийом їжі рекомендується за дві години перед дослідженням. Також потрібно обов'язково вимити голову і після цього не користуватись ніякими лаками, кондиціонерами, масками, маслами тощо, так як будь-які засоби можуть послабити контакт електродів зі шкірою голови. Під

час проведення ЕЕГ, необхідно перебувати у спокійному стані, позбутись усіх хвилювань та нервувань до початку дослідження.

Під час дослідження необхідно перебувати у добре освітленій і звуконепроникній кімнаті, сидячи в зручному кріслі або лежачи на ліжку з закритими очима. При проведенні запису сидіти потрібно нерухомо – будь-які рухи можуть стати перешкодою для розшифровки запису. Спостереження ведуться через відеокамеру, і в процесі запису ставляться відмітки про найбільш помітні реакції на події [23].

Електроди кріпляться до голови за допомогою спеціального шолому, що вдягається. Щоб зменшити електричний опір між електродами та шкірою на кінець електроду кладеться змочений у розчині NaCl (1-5%) тампон, а зсередини наповнюється електропровідним гелем. Поверхню голови необхідно знежирити, для цього волосся під електродами відсувають і шкіру змазують спиртом. Отже, з одної сторони шолом з електродів кріпиться до голови, а з іншої тонкі дроти підключаються до пристрою введення ЕЕГ [22].

Щоб виявити, як мозок реагує на зовнішні впливи, в якості подразника можуть використовуватися різноманітні звукові або світлові сигнали. Також досить популярним видом стимуляції є м'язова, наприклад зжимання-розжимання гумового м'ячика або еспандера. Сигнал, що виникає в головному мозку передається в апаратну частину електроенцефалографа (рис. 3.6). Там електричний сигнал підсилюється (30-100 мкВ), фільтрується шляхом видалення значень, що не є активністю головного мозку і відсіюванням перешкод мережі, створювані електронними сусідніми приладами (видалення артефактів). Врешті-решт сигнал форматується з аналогового в дискретний для наступного перетворення сигналу програмою [20].

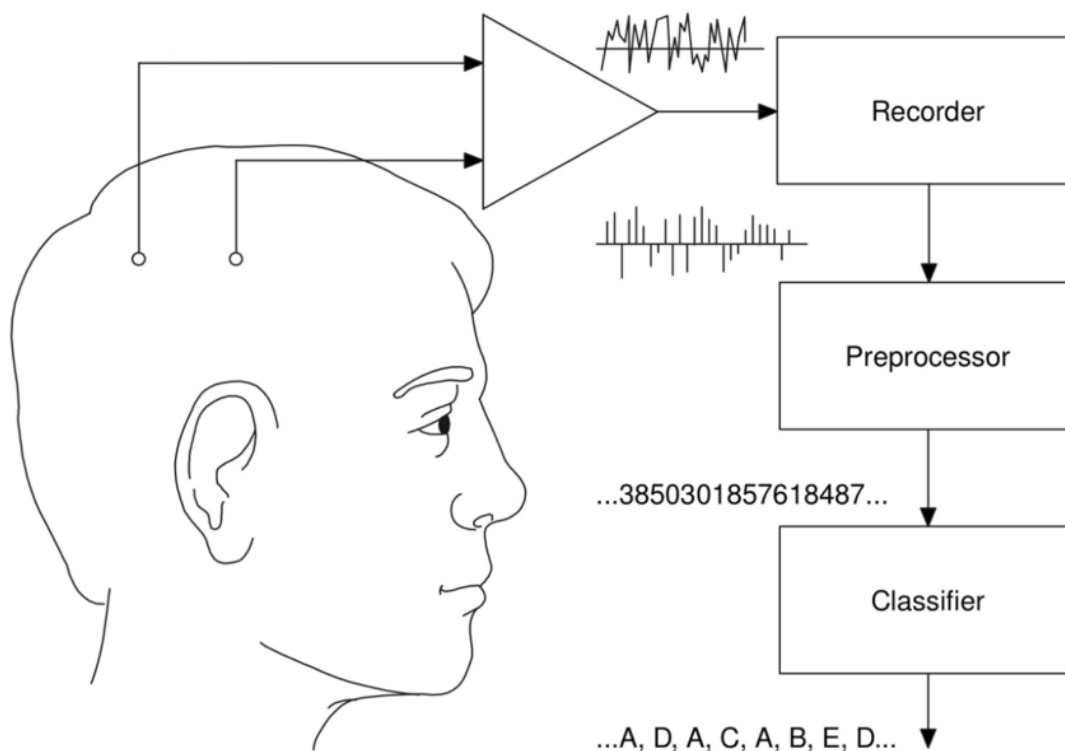


Рис. 3.6. Процес отримання та обробки сигналу електроенцефалографом [20]: *Recorder* – трансформування аналогового сигналу в цифровий; *Preprocessor* – це оцифрування сигналу; *Classifier* – виділяє найважливіші для діагностики фрагменти запису, використовуючи математичні методи аналізу сигналу.

Даний процес не є обов'язковим і може бути обробленим за допомогою спеціальних комп'ютерних програм на етапі постобробки електроенцефалограми [20].

3.4. Висновки

Зміни електричних потенціалів клітин головного мозку фіксуються на електроенцефалограмі у вигляді ритмів.

Виділяють 4 основних види ритмічних показників головного мозку, кожен з яких характеризується певними показниками частот і станом свідомості. До них відносяться: альфа – (частота від 8 до 13 Гц, амплітуда 15-100 мкВ), бета – (частота від 13 до 40 Гц, амплітуда 3-10 мкВ), дельта – (частота від 0,3 до 4 Гц, амплітуда 20-30 мкВ), тета – (частота від 4 до 7 Гц, амплітуда до 40 мкВ), гамма-ритм (частота від 35 до 500 Гц, амплітуда зазвичай до 10 мкВ). [25]

Для реєстрації електроенцефалограми використовують електроенцефалограф – прилад, що відображає функціональний стан головного мозку, шляхом реєстрації його біоелектричної активності.

Електроенцефалографія проводиться в декілька етапів: спочатку електроди реєструють біоелектричний потенціал мозку, потім відбувається його підсилення і фільтрація, а далі отримані дані записуються й обробляються за допомогою комп'ютера.

Зазвичай процедура проведення електроенцефалографічного дослідження триває від 30 хвилин до 2 годин. Електроди кріпляться до голови через спеціальний шолом. В якості подразників при проведенні електроенцефалографічного дослідження використовують звукові, світлові або м'язові подразнення.

Сигнал, що виникає в головному мозку надходить в апаратну частину електроенцефалографа. Там він підсилюється, фільтрується, проходить етап статистичної обробки за допомогою спеціально розроблених програмних продуктів або прикладних програм статистичного аналізу.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ АУДИОСТИМУЛІВ НА ДІЯЛЬНІСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ

4.1. Обробка нейрофізіологічних даних

Електроенцефалографічне дослідження активності головного мозку включає в себе наступні етапи:

1. Запис нативної електроенцефалограми;
2. Попередня обробка отриманої електроенцефалограми;
3. Статистична обробка електроенцефалограми;
4. Аналіз результатів статистичної обробки, формулювання висновків.

Сигнали, отримані за допомогою електродів зі шкіри голови в процесі реєстрації ЕЕГ дещо відрізняються від сигналів, що надходять безпосередньо від мозкових структур. Вони можуть містити шумові завади, які значно знижують якість записаного сигналу, артефакти, обумовлені рухом повік, очних яблук чи м'язовими скороченнями, а також не всі канали, по яким відбувався запис, можуть бути інформативними.

Тип попередньої обробки буде залежати від того, яким чином в подальшому планується проводити статистичний аналіз та інтерпретацію отриманих результатів. Дана процедура може проводитися за допомогою спеціального програмного забезпечення, наданого виробником комп'ютерного електроенцефалографічного комплексу, як, наприклад, програмний продукт BrainTest електроенцефалографічного комп'ютерного комплексу BRAINTEST-16, або, якщо вимірювання проводяться з використанням систем для фізіологічних вимірювань типу Porti7 компанії TMSi, за допомогою Matlab з використанням бібліотеки EEGLab, Fieldtrip або Brainstorm.

Розглянемо алгоритм попередньої обробки нативної ЕЕГ на прикладі бібліотеки EEGLab. Він містить наступні етапи:

1. Фільтрація ЕЕГ;
2. Сегментація;
3. Видалення неінформативних каналів;
4. Видалення артефактів.

Фільтрація використовується для того, щоб виділити частоти сигналу, які в подальшому будуть використовуватися для аналізу (рис. 4.1).

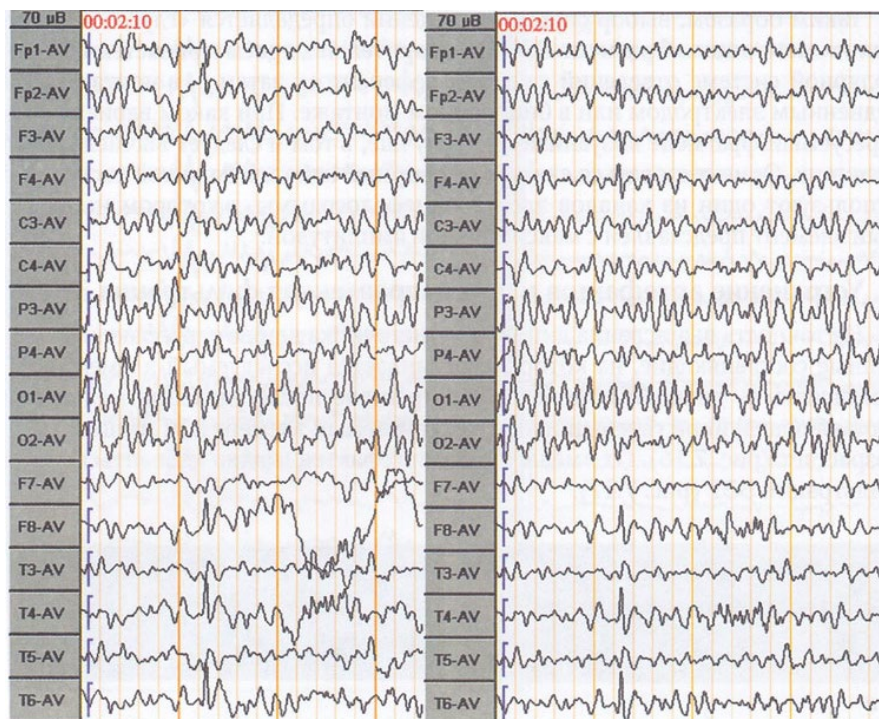


Рис. 4.1. Приклад фільтрації сигналу ЕЕГ в діапазоні 3-55 Гц [27]

Для фільтрації використовують фільтр нижніх частот (пропускає частоти нижче заданого значення), фільтр верхніх частот (пропускає частоти вище заданого значення), режекторний (призначений для видалення певної частоти, наприклад 50 Гц – мережева завада) та смуговий фільтр (дозволяє виділити сигнал з частотою в заданому діапазоні). Зокрема, якщо для подальшого аналізу інтерес являють лише β -ритми, то за допомогою цього фільтра виділяють діапазон частот від 13 до 40 Гц).

Сегментація використовується для розподілу нативного електричного сигналу на окремі імпульси (Рис. 4.2).

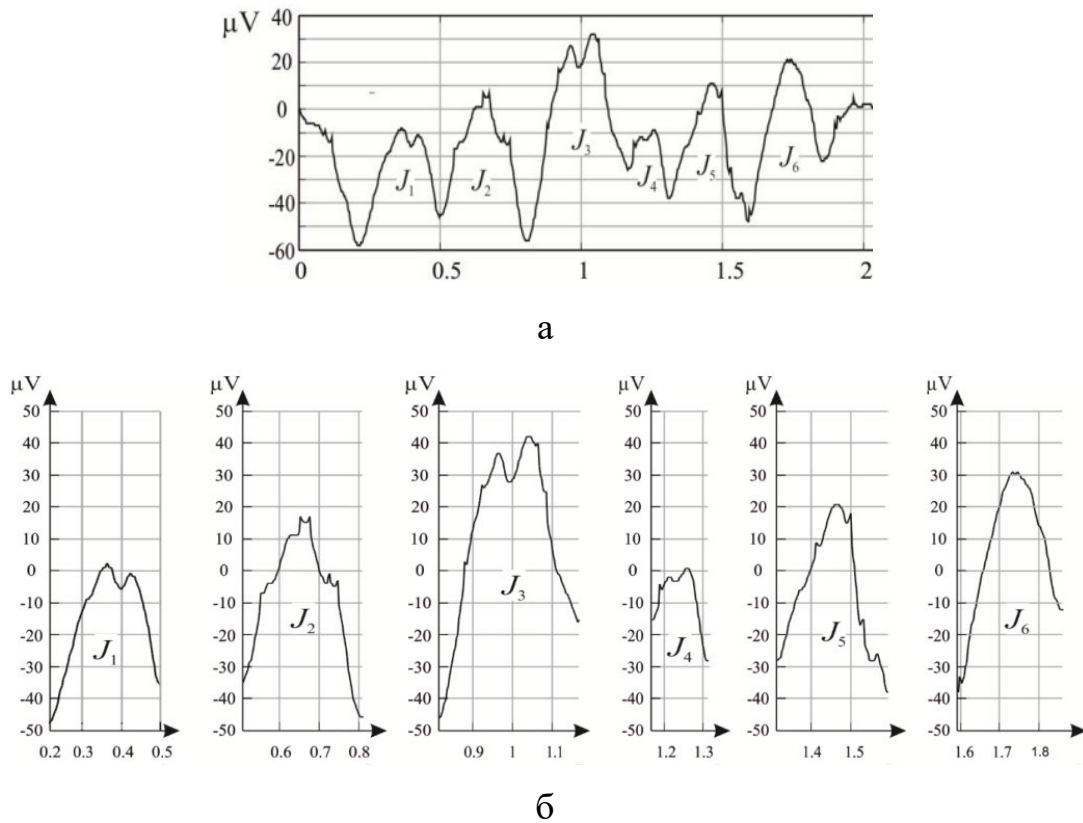


Рис. 4.2. Приклад сегментації сигналу ЕЕГ:
а – нативна ЕЕГ; б – сегментований сигнал [28]

Ця процедура використовується для виділення корисної інформації, що міститься в сигналі. ЕЕГ є нестационарним сигналом і для подальшої обробки необхідно розбити його на квазістационарні імпульси, які будуть відображати стан певних ділянок головного мозку. Також сегментація використовується для подальшого виділення ритмів головного мозку за допомогою спектрального аналізу.

При записі ЕЕГ певні канали можуть бути неінформативними по причині поганого контакту електрода зі шкірою голови, високого рівня шуму або у випадку, якщо канал не працював належним чином. Такі канали визначаються візуально ще на етапі запису сигналу або безпосередньо після цього і виключаються з подальшого аналізу або видаляються програмним методом.

Артефакти – це сигнали, які реєструються на ЕЕГ, але не мають відношення до мозкової активності. Артефакти ЕЕГ можна умовно розділити на біологічні і фізичні. Фізичні артефакти можуть виникати через вплив ліній

електропередач, втрати контакту електродів зі шкірою або можуть бути обумовлені рухом інших людей під час експерименту. Зазвичай на початку експерименту намагаються звести до мінімуму такі впливи – проводять експеримент в екранованому приміщенні, детально прописують протокол експерименту тощо. Біологічні артефакти походять від респондента. Це моргання, серцебиття, м'язові рухи. Ці артефакти можна виявити, якщо є доступ до таких біометричних даних, наприклад електроокулограми чи електрокардіограми. Одним з найбільш простих способів виявлення артефактів є візуальний огляд запису з подальшим вилученням з аналізу відповідних епох. Більш надійними способами видалення артефактів є застосування статистичних методів обробки фізіологічних сигналів.

Статистичний аналіз ЕЕГ проводять за допомогою програм статистичного аналізу даних, наприклад Matlab, ANOVA, STATISTICA.

При використанні середовища Matlab для статистичного аналізу ЕЕГ зазвичай використовують спектральний аналіз. Основою спектрального аналізу є перетворення Фур'є, що базується на принципі того, що будь-який сигнал може бути представленим у вигляді суми конкретного числа гармонічних хвиль (синусо- і косинусоїдальних) складових зростаючої частоти. Перетворення Фур'є здійснює таке гармонічне розкладання сигналу без жодних втрат інформації. Кожна з гармонік визначається трьома параметрами: амплітудою, початковою фазою та частотою.

У випадку безперервного й нескінченного за тривалістю сигналу, його спектр також буде безперервним та нескінченим в частотній області. На практиці ж маємо справу з сигналами обмеженої тривалості та дискретизованими в часі. На базі будь-якої частотної характеристики можуть бути вираховані узагальнені спектральні показники для усіх частотних діапазонів. В якості таких показників визначають такі:

A_{max} – максимальна амплітуда спектру в частотному діапазоні;

F_{max} – частота максимальної за амплітудою гармоніки;

A_{cp} – середня амплітуда спектру в частотному діапазоні;

F_{cp} – середньозважена частота, що відповідає центру тяжіння фігури, обмеженої кривою спектру в діапазоні. Обчислюється за формулою:

$$F_{cp} = F_1 + (F_1 + F_m) \frac{1}{m A_{cp}} = \sum_{i=1}^m A_i i$$

де m – число гармонік в частотному діапазоні;

F_1, F_m – частотні границі діапазону;

A_i – амплітуда i -ї гармоніки. [32]

Дисперсійний аналіз – ANOVA використовується для дослідження впливу одного чи декількох якісних змінних (факторів) на одну кількісну змінну (відгук). Основною метою даного виду аналізу є дослідження значущості між середніми значеннями на підставі порівняння вибірових дисперсій. Даний метод дозволяє проводити перевірку статистичних гіпотез відносно середніх в кількох генеральних сукупностях, які мають нормальний розподіл. За допомогою дисперсійного аналізу вирішуються три основних завдання:

- 1) загальна оцінка істотності відмінностей між груповими середніми;
- 2) оцінка вірогідності взаємодії факторів;
- 3) оцінка істотності відмінностей між парами середніх [29].

Пакет STATISTICA – це універсальний пакет статистичного аналізу, розроблений компанією StatSoft, який дозволяє реалізовувати основні математичні методи статистичної обробки сигналів [30]

4.2. Зміна параметрів електроенцефалограми під час прослуховування низькочастотних аудіостимулів

На сьогоднішній день дослідження активності головного мозку під дією різноманітних аудіостимулів є досить популярним напрямком. Однак, не зважаючи на велику кількість робіт, неможливо знайти єдину методику, по використанню конкретних акустичних сигналів для корекції певних психологічних та фізіологічних станів. Можливим варіантом вирішення даної

проблеми може бути пошук зв'язку між об'єктивними характеристиками звукових сигналів, що використовуються для аудіостимуляції, зокрема частотою, і тими змінами в ритмах головного мозку, до яких призводить прослуховування таких аудіостимулів.

На кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України "КПІ ім. Ігоря Сікорського" була проведена серія експериментів, під час яких вивчали зміну ритмів головного мозку при прослуховуванні низькочастотного музичного фрагменту композиції On Demon Wings гурту Bohren & der Club of Gore. У даного фрагменту максимальні амплітуди спектральних складових були порядку 80 Гц.

Дослідження проводилося в звукоізолюваній камері (рис. 4.3) при комфортних температурних умовах, в положенні сидячи. Спочатку реєстрували фонову ЕЕГ в спокійно-розслабленому стані з закритими очима у відсутності акустичних подразнень. Потім записували ЕЕГ під час прослуховування респондентом музичного фрагменту. На останньому етапі реєстрували ЕЕГ після припинення дії акустичного подразнення [25].

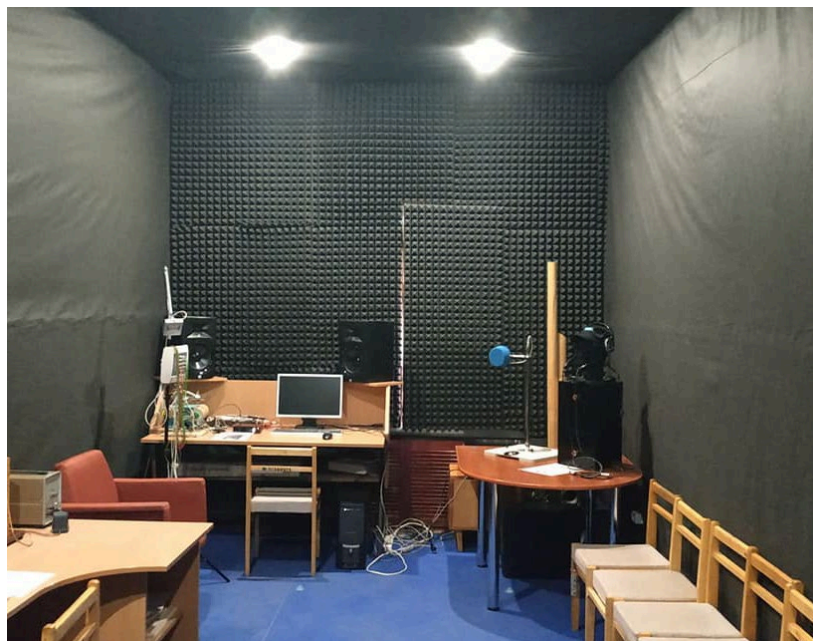


Рис. 4.3. Акустична камера кафедри АМЕС

Для запису ЕЕГ використовували електроенцефалографічний комп'ютерний комплекс BRAINTEST-16.

Після обробки ЕЕГ за допомогою методів цифрової фільтрації, спектрального та періодометричного аналізу, видалення артефактів, був проведений статистичний аналіз отриманих даних. Для цього використовувалося програмне забезпечення електроенцефалографічного комп'ютерного комплексу BRAINTEST-16 та прикладні програми Microsoft Excel 2010 та STATISTICA.

Порівняльний аналіз ритмів мозкової активності показав, що до початку прослуховування музики на фоновій ЕЕГ в усіх областях, крім потиличної правої півкулі, спостерігалась домінуюча частота β -ритму. Середні значення α -ритму переважали в потиличній ділянці. Була відмічена тенденція до зростання індексу вираженості α -ритму в обох півкулях з покращенням його спектральних характеристик, стабілізації частотних, амплітудних показників. Ця тенденція спостерігалась вже безпосередньо під час прослуховування музичного твору. Одночасно була зафіксована позитивна динаміка β -спектру, яка проявляється в мінімізації реєстрації або повній відсутності даних частот по конвекситальній поверхні мозку, усунені пароксизмальних розрядів даного ритму та вогнищевої локалізації.

θ -хвилі на фоновій ЕЕГ реєструвалися в максимально припустимих кількостях. Нормалізація показників даних ритмів після прослуховування низькочастотної музики свідчить про створення фізіологічно сприятливих умов для засвоєння отриманої інформації, створення резервних можливостей для сприйняття нової, за умов якісного опрацювання попередньої.

Амплітуди δ -хвиль зменшились в обох півкулях, однак індекс вираженості даного параметра майже не змінився порівняно з фоновією ЕЕГ.

За отриманими результатами можна зробити висновок, що прослуховування низькочастотного аудіостимулу допомагає уникати перезбуджень максимально активних ділянок мозку з метою запобігання

формуванню патологічних вогнищ; сприяє відновленню роботи мозку в фізіологічних умовах на етапах функціональних перевантажень [25].

4.3. Вплив розтягнутого в часі стресу на ефективність впливу низькочастотних аудіо стимулів

В попередньому параграфі було зазначено, що при прослуховуванні низькочастотних аудіостимулів спостерігалась позитивна динаміка альфа- і бета-ритмів, що свідчить про користь використання такого типу сигналів задля уникнення підвищеної збудливості в найбільш активних відділах мозку. Тим самим можна запобігати утворенню патологічних вогнищ і пришвидшити відновлення перевантаження функцій мозку.

Але, незважаючи на позитивні наслідки від прослуховування низькочастотної музики, на ЕЕГ всіх учасників експерименту, були чітко виражені дельта-хвилі. Беручи до уваги, що до експерименту всі респонденти були перевірені на відсутність анамнези черепно-мозкових травм, серйозних проблем зі слухом і захворювань центральної нервової системи, це може свідчити про наявність певних відхилень в мозковій активності в стані неспання.

Подальші дослідження цього питання, зокрема вивчення періодів часу, протягом яких проводилися вимірювання, показали, що в період до залікової сесії та під час неї, зафіксовані дельта-ритми в ЕЕГ були зафіксовані у тих студентів, які знаходилися під впливом певних стресових факторів.

Стрес – це реакція людини на різкі, незвичні організму впливи, реакція організму на негативні фактори. Стресовий фактор – це вплив, що викликає стресову реакцію організму. Протягом останнього десятиліття питання навчання стали все більш важливими в загальному контексті стресу. Велике навантаження з великою кількістю завдань з різних видів дисциплін, важкі емоційні переживання, потреба в обробці великого обсягу інформації

призводять до сильного стресу для студентів. Сьогодні окрема категорія включає такі поняття, як екзаменаційний стрес [24].

У літературі описані різні методи дослідження латентних і видимих форм стресу. Зокрема, було досліджено вплив музичних композицій різних жанрів, які вимовляються англійською та урду, і результати показали, що англійський репертуар сприяв зниженню рівня стресу. Ці висновки ґрунтуються на результатах застосування алгоритму послідовної мінімальної оптимізації, методу стохастичного градієнта та логістичної регресії. Залежності впливу жанру музичних композицій на рівень стресу відмічено не було. Також дані дослідження зафіксували, що жінки мають більшу чутливість до музики в плані стресу, ніж чоловіки [31]. Асиметрія альфа- та бета-ритмів також може вважатися індикатором довготривалого стресу.

При відсутності дії на учасників експерименту додаткових стресових факторів, в якості яких розглядалися значні навчальні навантаження під час здачі сесії, прослуховування низькочастотного музичного фрагменту викликає зниження рівня дельта-ритму в лівій і правій півкулях, порівняно з його значеннями на фоновій ЕЕГ, отриманій до початку акустичного впливу на рівні 2,97 відсотків для лівої півкулі, 2,22 відсотків для правої, статистичний аналіз показав наявність статистично значимої різниці між вихідними та результуючими даними [24].

Під час непрямого впливу розтягнутих у часі стресових факторів рівень дельта-ритму значно зростає як до, так і після прослуховування низькочастотного музичного фрагменту для обох півкуль, що говорить про зростання рівня напруженості, при чому збільшення становить 7-11 відсотків, статистичний аналіз показав наявність статистично значимої різниці між тестовими групами. Оскільки збільшення відсоткового вкладу дельта-ритму в загальну картину біоелектричній активності головного мозку є аномальним для організму людини, що перебуває у бадьорому стані, наявність додаткових стресових факторів впливає на результати експериментів по дослідженню впливу музичного сигналу на психоемоційний стан людини, незалежно від

характеру впливу та спектральних характеристик музичного сигналу, що виявилось у змінах дельта ритму у межах одного відсотку (було відмічене як збільшення, так і зменшення рівня відсоткового вкладу досліджуваного ритму) [24].

Таким чином, аналізуючи характер наслідків розтягнутого стресу, зокрема стресу під час значних навчальних навантажень під час сесії, на характер енцефалограми та враховуючи його природу (виникає внаслідок довготривалої напруженої розумової роботи, котра спрямована на отримання чіткого результату і заважає звичайному ритму життя) в майбутньому слід виключити вплив даного фактору на досліджувану особу, оскільки він нівелює корисний вплив акустичного музичного сигналу [24].

4.4. Висновки

Підвищення ефективності музично-терапевтичних процедур можна досягти шляхом узгодження параметрів звукового подразника і внутрішніх характеристик біоелектричної активності мозку пацієнта. Процедура попередньої обробки може проводитися за допомогою спеціального програмного забезпечення, наданого виробником комп'ютерного електроенцефалографічного комплексу, або за допомогою Matlab.

Попередня обробка проводиться за таким алгоритмом: спершу ЕЕГ фільтрується, потім відбувається сегментація, видаляються неінформативні канали та артефакти. Для видалення артефактів застосовують статистичні методи обробки фізіологічних сигналів, за допомогою програм статистичного аналізу даних, таких як Matlab, ANOVA, STATISTICA. В середовищі Matlab застосовують спектральний аналіз, в основі якого лежить перетворення Фур'є. ANOVA використовує дисперсійний аналіз, а STATISTICA – це універсальний пакет статистичного аналізу.

Була проведена серія експериментів, під час яких вивчали зміну ритмів головного мозку при прослуховуванні низькочастотного музичного фрагменту,

з максимальними амплітудами спектральних складових до 80 Гц. Результати показують, що при прослуховуванні низькочастотних аудіостимулів спостерігалась позитивна динаміка альфа- і бета-ритмів, що свідчить про користь використання такого типу сигналів задля уникнення підвищеної збудливості в найбільш активних відділах мозку. Тим самим можна запобігати утворенню патологічних вогнищ і пришвидшити відновлення перевантаження функцій мозку.

Але, незважаючи на позитивні наслідки від прослуховування низькочастотної музики, на ЕЕГ всіх учасників експерименту, були чітко виражені дельта-хвилі. Під час непрямого впливу розтягнутих у часі стресових факторів рівень дельта-ритму значно зростає як до, так і після прослуховування низькочастотного музичного фрагменту для обох півкуль, що говорить про зростання рівня напруженості, при чому збільшення становить 7-11 відсотків, статистичний аналіз показав наявність статистично значимої різниці між тестовими групами. Таким чином, аналізуючи характер наслідків розтягнутого стресу, зокрема стресу під час значних навчальних навантажень під час сесії, на характер енцефалограми та враховуючи його природу необхідно виключити вплив даного фактору на досліджувану особу, оскільки він нівелює корисний вплив акустичного музичного сигналу.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було вивчено фізіологічні аспекти сприйняття звуку людиною. Детально розглянута слухова сенсорна система та процес проходження звуку від органу слуху до головного мозку. Описано особливості сприйняття звуків людиною, принципи бінауральності та вплив акустичних сигналів на психоемоційний та функціональний стан людини.

Розглянуто застосування музичної терапії для корекції фізичного та психоемоційного стану людини. Визначено мету, загальні вимоги, методика, способи проведення, та області застосування музикотерапії. Також проаналізовано важливе питання щодо відбору музичного матеріалу для проведення музичної терапії, зважено всі переваги та недоліки застосування такого методу лікування.

Приділено увагу й електроенцефалографії, як методу дослідження головного мозку. Виділено електричні коливання, що виникають при роботі мозку. Електроенцефалограф - прилад, який використовується для запису електроенцефалограми, також детально описаний в роботі, включаючи типи ЕЕГ, структурні схеми, принцип роботи та методику проведення дослідження.

В останньому розділі безпосередньо проведені експериментальні дослідження впливу низькочастотних аудіостимулів на діяльність головного мозку. Визначений принцип обробки нейрофізіологічних даних, також проаналізований вплив зміни параметрів ЕЕГ під час прослуховування музикальних фрагментів низьких частот та вплив розтягнутого в часі стресу на ефективність впливу низькочастотних аудіостимулів.

Під час дослідження спочатку реєстрували фонову ЕЕГ учасників в спокійно-розслабленому стані з закритими очима у відсутності акустичних подразнень. Потім записували ЕЕГ під час прослуховування респондентом музичного фрагменту. На останньому етапі реєстрували ЕЕГ після припинення дії акустичного подразнення. Для запису ЕЕГ використовували електроенцефалографічний комп'ютерний комплекс BRAINTEST-16.

Порівняння результатів ЕЕГ дозволяють зробити висновок, що низькочастотні аудіостимули допомагають уникати перезбуджень максимально активних ділянок мозку з метою запобігання формуванню патологічних вогнищ, а також сприяє відновленню роботи мозку в фізіологічних умовах на етапах функціональних перевантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дрозденко К.С., Дрозденко О.І. Електронні текстові данні
Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. С. 99. URL:
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/35008/1/Akustyka.pdf>
2. Гельмгольц Г. Учение о слуховых ощущениях как
физиологическая основа для теории музыки. Пер. с нем. Изд. 3-е. М. :
Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 592 с.

3. Фомиця О.Л. Психоакустичний вплив на масову свідомість у соціокомунікаційній системі суспільства. URL: http://virtuni.education.zp.ua/info_cpu/sites/default/files
4. Дзюба А.А. - Влияние «высокочастотной» музыки. на результаты психической деятельности человека. URL: <https://docplayer.com/45967234-Vliyanie-vysokochastotnoy-muzyki-na-rezultaty-psihicheskoy-deyatelnosti-cheloveka-dzyuba-a-a.html>
5. Як музика впливає на наш мозок та продуктивність. URL: <https://theukrainians.org/yak-muzyka-vplyvaye/#>
6. Влияние мантр на человека. <http://www.oum.ru/yoga/mantry/>
7. Учебні Матеріали для студентів і школярів України. URL: <http://um.co.ua/5/5-3/5-33191.html>
8. Вплив музики на психіку людини: рок, піп, джаз та класика – що, коли і для чого слухати? Рок-музика як зброя масового знищення. URL: <https://status-lady.ru/uk/vliyanie-muzyki-na-psihiku-cheloveka-rok-pop-dzhaz-i-klassika-chto-kogda-i-dlya.html>
9. Зовнішнє, середнє і внутрішнє вухо. URL: <https://cf.ppt-online.org/files/slide/u/Uf579gpVR8EzZwBPrWMLFJQaIID4e1dvKi0yom/slide-1.jpg>
10. Анатомія, фізіологія і методи дослідження вуха. URL: <https://i.pinimg.com/originals/46/25/da/4625da78bdcd47a8be9d8dceae0a9598.jpg>
11. Binaural Hearing. URL: <https://www.thehearingaidadvicecentre.co.uk/assets/img/binaural-hearing.jpg>
12. Характеристики слухового аналізатора. URL: https://studfile.net/html/2706/1281/html_QEs3FGeC_a._B_N/img-Gg7qD6.jpg
13. Your Guide to Pink Noise, White Noise, & Brown Noise. URL: <https://yogasleep.com/blogs/give-sleep-a-chance-blog/pink-noise-the-full-sound-spectrum>

14. What is music Therapy? URL:
<https://www.verywellmind.com/benefits-of-music-therapy-89829>
15. Це плюси музикотерапії - але чи є насправді якісь мінуси?
URL: <https://www.incadence.org/post/these-are-the-pros-of-music-therapy-but-are-there-really-any-cons>
16. Всеосвіта. Проект «Музикотерапія». URL:
<https://vseosvita.ua/library/proekt-muzikoterapia-62134.html>
17. Радченко Г.С. Особенности показателей ээг и вегетативной регуляции при воздействии музыкальных фрагментов с разной тональной модуляцией
18. СамУмРай. Ритми головного мозку. URL:
<https://samumray.in.ua/melodiya-pulsu-sercya-lyudini-i-alfa-ritmu-materi-vsesvitu>
19. Український медичний портал. Мозкові хвилі. URL:
<https://med-ukraine.info/news/2019/mozkovi-hvili-539>
20. СМІ Brain Research. Електроенцефалограф. URL:
<https://cmi.to/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D1%86%D0%B5%D1%84%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84/>
21. Research Gate. URL:
<https://www.researchgate.net/profile/Robertas-Damasevicius/publication/299343988/figure/fig4/AS:668454826811401@1536383458283/Electrode-placement-according-to-the-International-10-20-A-and-10-10-B-system-Odd.ppm>
22. Електроенцефалографія. URL: https://ua-m.iliveok.com/health/elektroencefalografiya_105674i15989.html
23. НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР ІМЕНІ АКАДЕМІКА О.М. МЕШАЛКІНА. Електроенцефалографія (ЕЕГ). URL: <https://meshalkin.ru/elektroentsefalografiya#>

24. А. В. Паренюк, Д. В. Паренюк, К. С. Дрозденко, і С. А. Найда, «Дослідження сукупного впливу стресового фактору та музичного сигналу на психофізичний стан людини», Мікросист., Електрон. та Акуст., вип. 26, вип. 1, с. 228179–1, Квіт 2021. <https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.228179>

25. Drozdenko K., Naida S., Drozdenko O., Damarad A., Pareniuk D., Vakulenko L., Adaricheva Z. (2022) The Influence of a Low-Frequency Musical Fragment on the Neural Oscillations, Archives of Acoustics, 47 (2): 169-179, doi: 10.24425/aoa.2022.141647.

26. Ясунова Масума Пулатівна. Метод оцінки інтегральної активності ЕЕГ під впливом аудіо сигналів. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/43674/1/YasunovaMP_bakalavr.docx

27. СМІ Brain Research. ЭЭГ фильтры и методы фильтрации сигнала. URL: <https://cmi.to/%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D1%8B/>

28. СМІ Brain Research. Предобработка ЭЭГ сигнала. URL: <https://cmi.to/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7-%D1%8D%D1%8D%D0%B3/%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0-%D1%8D%D1%8D%D0%B3-%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B0/https://cmi.to/%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D1%8B/>

29. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань) [текст] навчальний посібник / Опря А. Т., Дорогань-Писаренко Л. О., Єгорова О. В., Кононенко Ж. А.– (2-ге вид., перероб. і допов.).– К. : «Центр учбової літератури», 2014. – 536 с.

30. Фетісов В. С. Пакет статистичного аналізу даних STATISTICA : навч.посіб./В. С. Фетісов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2018. – 114 с.

31. A. Asif, M. Majid, and S. M. Anwar, 'Human stress classification using EEG signals in response to music tracks.', *Comput. Biol. Med.*, vol. 107, pp. 182–196, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.combiomed.2019.02.015

32. Кулаичев, А. П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика / Кулаичев А.П., – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 469 с.