

Лабораторна робота № 1

Електроенцефалограф

Мета роботи: Ознайомитися з особливостями отримання та обробки даних електроенцефалографа.

Загальні відомості

Місце енцефалографії серед сучасних методів радіофізичної діагностики

Серед сучасних методів діагностики виділяється група методів, які пов'язані з реєстрацією електричних сигналів, що генеруються організмом — електроміографія, електрокардіографія, електроенцефалографія (далі ЕЕГ). ЕЕГ з цих методів виділяється як найскладніший через складний за часовими характеристиками і просторовому розподілу сигналів. Відповідно для зняття енцефалограми використовується велика кількість вимірювальних каналів високої чутливості. Обробка даних вимагає залучення додаткових методів, в тому числі, як варіант — комп'ютерної обробки.

З біологічної точки зору ЕЕГ — це метод прямого відображення функціональною активності центральної нервової системи, заснований на реєстрації електричних потенціалів головного мозку і є результатом підсумовування та фільтрації елементарних процесів, що протікають на рівні нейронів головного мозку. Тобто як метод діагностики ЕЕГ — розділ електрофізіології, що вивчає закономірності сумарної електричної активності мозку на основі багатоканального запису таких потенціалів за допомогою системи електродів, що розташовуються на поверхні шкіри голови. (Існують також підшкірні методи ЕЕГ, але вони є інвазивними і застосовуються для специфічних потреб).

ЕЕГ не призначена для діагностики органічних вражень нервової системи, завдання якої успішно вирішують сучасні методи нейровізуалізації (комп'ютерна рентгенівська томографія, магнітно-резонансна томографія, емісійна томографія) Натомість, ЕЕГ дає можливість якісного і кількісного аналізу функціонального стану головного мозку, його реакцій на дію подразників. ЕЕГ широко застосовується в діагностичній і лікувальній роботі (особливо часто при епілепсії), в анестезіології, а також при вивченні діяльності мозку, пов'язаної з реалізацією таких функцій, як сприйняття, пам'ять, адаптація, розумова діяльність тощо.

Основою методу ЕЕГ є запис електроенцефалограми (далі також ЕЕГ – відмінність від аналогічного скорочення ЕЕГ як методу як правило зрозуміла за змістом) — багатоканального графіку електричної активності головного мозку.

Реєстрація ЕЕГ

Реєстрація ЕЕГ виробляється спеціальними електродами (рис. 1) Найбільш поширеними є місткові, чашкові і голкові. В даний час найчастіше використовується розташування електродів по міжнародних системах «10–20%» (координатна сітка¹) або «10–10%». Кожен електрод підключений до підсилювача. Раніше для запису ЕЕГ використовували паперову стрічку. В сучасних приладах (рис. 2) сигнал оброблюється за допомогою АЦП і записується у файл. Найбільш поширений запис з частотою дискретизації 250 Гц.



Рис.1. Чашкові електроди та гумовий шолом для їх закріплення.

Комп'ютерні ЕЕГ комплекси володіють величезною перевагою перед традиційними, оскільки зареєстровані ЕЕГ сигнали (зазвичай в монополярній системі відведень відносно деякого референтного електроду) дозволяють відображувати і аналізувати в будь-якій системі відведень. Це не лише скорочує час реєстрації ЕЕГ, але і дозволяє, у прямому розумінні, з різних сторін поглянути на одні і ті ж вихідні дані.

У склад ЕЕГ комплексів входять, як правило, і стимулятори, для роботи із слуховими і зоровими викликаними потенціалами. Дуже важливим моментом є «керованість» стимуляторів, тобто можливість створення за їх допомогою всіляких стимул-реакцій і їх комбінацій для проведення

багатогранних досліджень.

Запис потенціалів з кожного електроду здійснюється відносно нульового потенціалу референта, за який береться мочка вуха, або кінчик носа. В даний час набувають всього більшого поширення перерахунок потенціалу відносно зваженого середнього референта, за якого приймається всі канали з певними ваговими коефіцієнтами. При такому розрахунку можливі артефакти локалізуються, а вплив сусідніх відведень один на одного зменшується.



Рис.2. Електроенцефалограф.

Кількість електродів, що накладаються на конвекситуальну поверхню черепа (рис. 3) повинно бути не менше 21. Міжнародна федерація товариств електроенцефалографії прийняла так звану систему "10-20", що дозволяє точно вказувати розташування електродів. У відповідності до цієї системи в кожного випробовуваного точно вимірюють відстань між серединою перенісся (назіоном) і твердим кістковим горбком на потилиці (ініоном), а також між лівою і правою вушними ямками. Є можливими точки розташування електродів розділені інтервалами, що становлять 10% або 20% цих відстаней на черепі. При цьому для зручності реєстрації весь череп розбитий на області, позначені буквами: F — лобова, O — потилична область, P — тім'яна, T — скронева, C — область центральної борозни. Непарні номери місць відведення відносяться до лівої, а парні — до правої півкуль. Буквою Z — позначається відведення від верхівки черепа. Це місце називається вертексом.

Система «10—20%» була створена в 1950-х роках канадським нейрофізіологом Гербертом Генрі Джаспером (англ. Herbert Henri Jasper).

Вона є стандартною системою розміщення електродів на поверхні голови, яка рекомендована Міжнародною федерацією електроенцефалографії і клінічної нейрофізіології.

Місце розташування електродів визначається таким чином: лінія, що сполучає перенісся (назіон) і потиличний горб (ініон), ділиться на 10 рівних відрізків. Перший і останній електроди накладають на відстані, відповідному 10% загальної довжини лінії, від ініона або назіону. Від першого електроду на відстані, відповідному 20 % загальної довжини лінії, накладається інший електрод і так далі. Таким чином, по лінії перенісся-потилиця (медіанна лінія, або вертексна лінія) накладають 5 електродів.

На лінії зовнішні слухові проходи (центральна лінія) так само накладають по два електроди на кожен півкулю і верхівковий електрод. Лінії, паралельні медіанній, і ті, що проходять через електроди, накладені по центральній лінії, носять назву парасагітальні і скроневі (права і ліва). При цьому на парасагітальній лінії накладають по 5 електродів, а на скроневих — по 3 електроди.

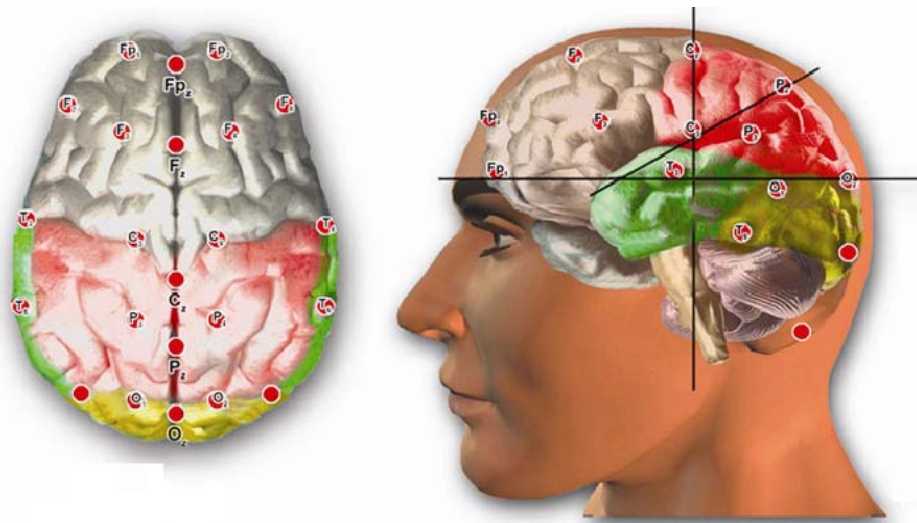


Рис.3. Схема розташування електродів

Кількість каналів підсилювача біопотенціалів визначає досяжну просторову роздільну здатність дослідження, що проводиться, і, відповідно, досяжну точність локалізації джерел ЕЕГ активності. Проте, збільшення кількості каналів і, пов'язане з цим збільшення кількості електродів, що накладаються, в значній мірі ускладнює дослідження. В даний час використовуються зазвичай 16-ти каналні УБП, а для роботи з міжнародною

системою «10-20» – 19-ти каналні підсилювачі, інколи з додатковими каналами для реєстрації окулограми і широкосмугових сигналів при дослідженні коротколатентних викликаних потенціалів.

Обробка ЕЕГ

Для виділення на ЕЕГ значимих ознак енцефалограму піддають аналізу. Основними поняттями, на які спирається характеристика ЕЕГ, є: середня частота коливань, їх максимальна амплітуда і їх фаза, також оцінюються відмінності кривих ЕЕГ на різних каналах і їх тимчасова динаміка. Сумарна фоновая електрограма кори і підкіркових утворень мозку тварин, варіюючи залежно від рівня розвитку філогенезу і відображаючи цитоархитектонічні і функціональні особливості структур мозку, також складається з різних по частоті повільних коливань.

На сьогоднішній день не існує повністю автоматизованих програм обробки ЕЕГ, оскільки доки не вдається достатньою мірою повністю формалізувати підхід кваліфікованого фахівця до аналізу ЕЕГ, з причини величезної варіабельності клінічних випадків. Зазвичай у програмах аналізу даних використовуються традиційні підходи на основі методів цифрової фільтрації, спектрального і кореляційного аналізів.

Одній з основних характеристик ЕЕГ є частота. Проте через обмежені можливостей людини при візуальному аналізі ЕЕГ, вживаному в клінічній електроенцефалографії, цілий ряд частот не може бути достатньо точним чином охарактеризований оператором, оскільки око людини виділяє лише деякі основні частотні смуги, явно присутні в ЕЕГ. Відповідно до можливостей ручного аналізу була введена класифікація частот ЕЕГ по деяких основних діапазонах, яким були привласнені назви грецьких букв:

альфа – $8\div 13$ Гц,

бета – $14\div 40$ Гц,

тета – $4\div 6$ Гц,

дельта – $0,5\div 3$ Гц,

гамма – вище 40 Гц і ін.

Відповідно, в залежності від частотного діапазону, але з врахуванням амплітуди, форми хвилі, топографії і типа реакції розрізняють ритми ЕЕГ, які також позначають грецькими буквами. Наприклад, альфа-ритм, бета-ритм, гамма-ритм, дельта-ритм, тета-ритм, каппа-ритм, мю-ритм, сигма-ритм тощо. Вважається, що кожен такий «ритм» відповідає деякому певному стану мозку і пов'язаний з певними церебральними механізмами

Альфа-ритм (рис. 4) – ритм ЕЕГ в смузі частот від 8 до 13 Гц, середня амплітуда 30-70 мкВ, можуть проте спостерігатися високо- і низькоамплітудні альфа-хвилі. Реєструється у 85-95% здорових дорослих.

Краще всього виражений в потиличних відділах. Найбільшу амплітуду має в стані спокійного неспання, особливо при закритих очах в затемненому приміщенні. Блокується або ослабляється при підвищенні уваги (особливо зорового) або розумової активності.

Для цього ритму характерне виникнення спонтанних змін амплітуди (модуляції альфа-ритму), що виражаються в наростанні, що чергується, і зниженні амплітуди хвиль з утворенням так званих «веретен», тривалість яких найчастіше вагається від 2 до 8 с. Розрізняють

альфа-активність (складається з альфа-хвиль з тривалістю від 80 до 125 мс і реєструється в будь-яких мозкових структурах) і

альфа-ритм (регулярна хвилева активність з частотою порядку 10 Гц, реєстрована в потиличних областях).

Окрім власне альфа-ритму, найяскравіше вираженого в потиличних областях, спостерігаються ще декілька ритмів, що працюють на тій же, що і альфа-ритм частоті, але що найбільш виявляються в інших областях мозку і мають іншу форму хвиль (мю-ритм, каппа-ритм, тау-ритм).

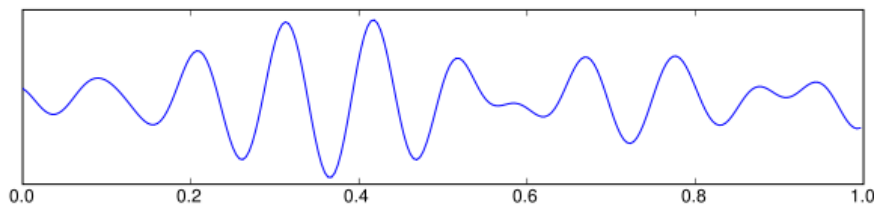


Рис.4. Приклад альфа-ритму.

Бета-ритм (рис. 5) — має діапазон від 14 до 30 Гц з амплітудою 5—30 мкВ. Він є характерним для стану активного неспання. Найсильніше цей ритм виражений в лобових областях, але при різних видах інтенсивної діяльності різко посилюється і поширюється на інші області мозку. Так, вираженість бета-ритму зростає при появі нової несподіваної стимул-реакції, в ситуації уваги, при розумовій напрузі, емоційному збудженні.

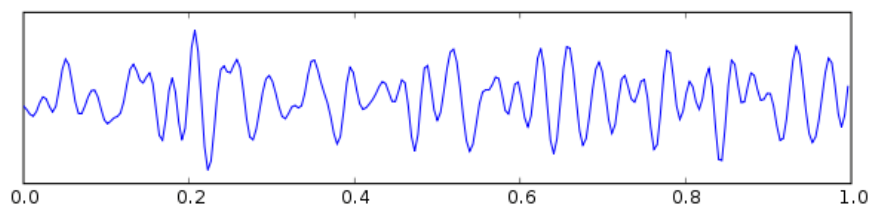


Рис.5. Приклад бета-ритму.

Гамма-ритм (рис. 6) — має діапазон від 30 Гц до 120—170 Гц, а за

даними деяких авторів — до 500 Гц. Амплітуда дуже низька — нижче 10 мкВ і обернено пропорційна частоті. У випадку якщо амплітуда гамма-ритму вище 15 мкВ, то ЕЕГ розглядається як патологічна. Гамма-ритм спостерігається при вирішенні завдань, що вимагають максимальної зосередженої уваги.

Багато нейрофізіологів розглядають коливання вище 30 Гц як високочастотний шум і при аналізі ЕЕГ фільтрують їх, вважаючи ці частоти наведеннями від потенціалів м'язів голови і шиї. У ряді публікацій повідомляється про всілякі порушення гамма-активності у хворих шизофренією

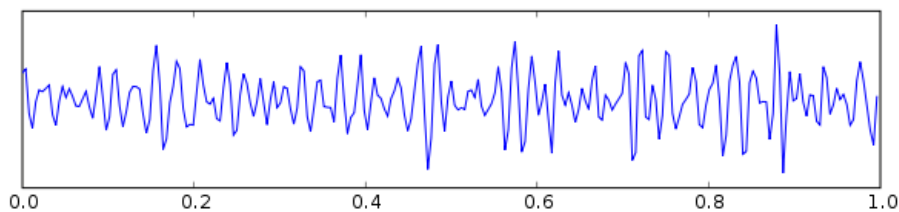


Рис.6. Приклад гамма-ритму.

Дельта-ритм (рис. 7) — складається з високоамплітудних (сотні мікрівольт) хвиль частотою 1—4 Гц. Вперше дельта-ритм в ЕЕГ людини був класифікований Гріємо Уолтером, а згодом був описаний і у тварин. Виникає як при глибокому природному сні, так і при наркотичному, а також при комі. Дельта-ритм також спостерігається при реєстрації ЕЕГ від ділянок кори, що граничать з областю травматичного вогнища або пухлини

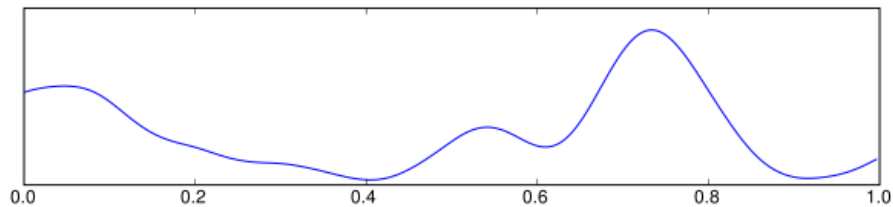


Рис.7. Приклад гамма-ритму.

Тета-ритм (рис. 8) — має частоти 4-8 Гц з амплітудою 10-100 мкВ. Найяскравіше тета-ритм виражений у дітей (2-8 років) і в осіб з невірноваженим характером і агресивними і психопатичними межами особи і з утрудненою соціальною адаптацією. Інтелектуальна напруга приводить до збільшення спектральної потужності тета-хвиль і збільшення просторової синхронізації між ними

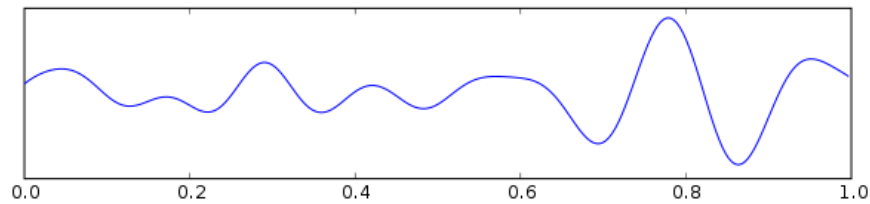


Рис.8. Приклад тета-ритму.

Аналіз ЕЕГ може виконуватись візуально за окремими ритмами і зонами – безпосередньо за графіками каналів (рис. 9, 10). Для зручності виділення окремих ритмів може використовуватись частотна смугова фільтрація по каналах, яку у сучасних системах реалізується програмним чином.

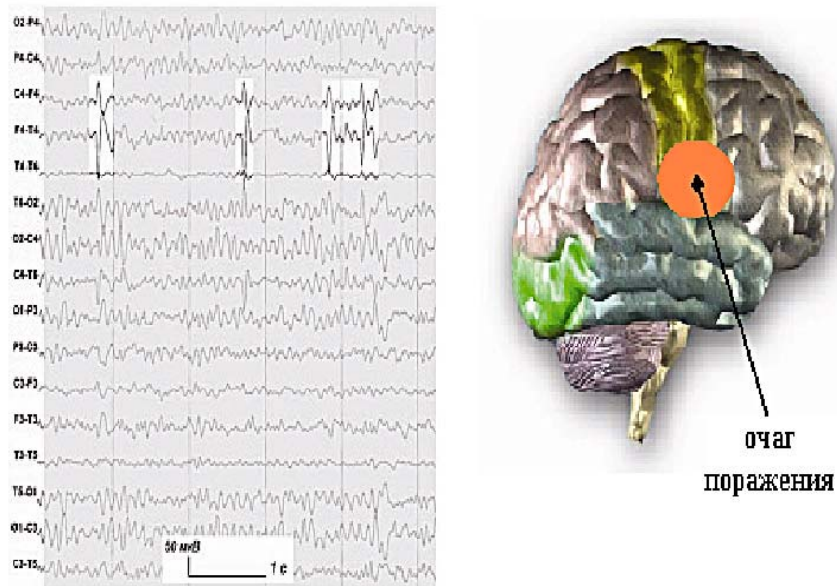


Рис.9. Приклад патології. Гострі хвилі альфа-діапазону у коркових відділах центральної області лівої півкулі.

Пояснення щодо використовуваного обладнання

В даній роботі використовується апаратно-програмний комплекс НейроКом третього покоління харківського Науково-технічного центру радіоелектронних медичних приладів і технологій “ХАІ-Медика”. Відмінністю даного приладу є використання багатоканального підсилювача біопотенціалів з монополярною реєстрацією сигналів відведень з мінімальними приведеними до входу шумами (0.8 мкВ) і якісним придушенням синфазної завади (>140 дБ), що дозволяє відмовитись від екранування приміщення.

Наявність додаткового електрокардіографічного каналу дозволяє використовувати більш складні методики дослідження.

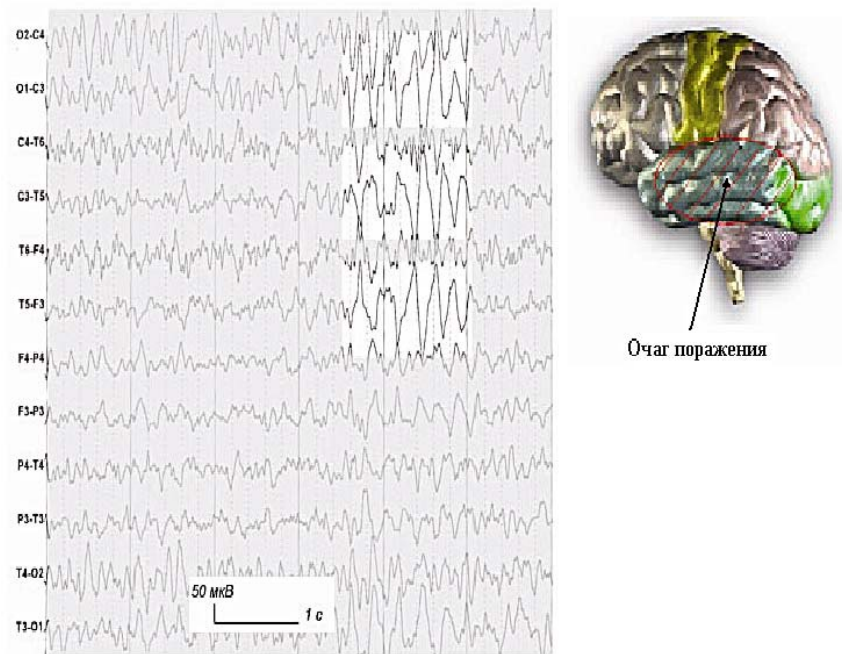


Рис.10. Приклад патології. Високоамплітудні хвилі дельта-діапазону у глибинних відділах правої півкулі

Реєстрація ЕЕГ сигналів передбачає проведення послідовного запису ряду функціональних проб, відповідно до стандартного або спеціального, модифікованого користувачем, протоколу, і з певними налаштуваннями апаратури для кожної проби. Серед налаштувань, які підтримуються даним комплексом, є вибір потрібної для реєстрації системи відведень, установка потрібних значень чутливості каналів електроенцефалографа і швидкості запису, установку для кожної проби відповідної тривалості реєстрації, вигляду і параметрів стимуляції, відповідних параметрів використовуваних фільтрів тощо. Як правило, і протоколи, і налаштування апаратури стандартні.

Традиційний підхід до обробки ЕЕГ даних передбачає використання спеціальних методів візуалізації наявної інформації. Для виділення сигналів певних частотних діапазонів (дельта, тета, альфа, бета), в програму Neurocom введені смугові фільтри з фіксованими налаштуваннями, для виділення діапазонів: дельта, тета, альфа, бета-1, бета-2 і гамма. Включення будь-яке з них виконується вибором із списку, що дозволяє дуже швидко відфільтрувати сигнали того або іншого частотного діапазону, для подальшого відображення їх на екрані і роботи з ними. Крім того, користувач самостійно може додати в

список будь-яку кількість додаткових смугових фільтрів з довільними, вибраними ним, налаштуваннями.

Для забезпечення можливості роботи в умовах потужних завад частоти живлячої мережі в програмі використовується вузькосмуговий режекторний фільтр, на частоті 50 (60) Гц.

У програмі виконується спектральний аналіз ЕЕГ сигналів (рис. 11). У спеціальному вікні обробки "Спектр" можуть бути побудовані спектри сигналів будь-яких відведень для будь-яких тимчасових ділянок і будь-яких систем відведень. При налаштуванні параметрів спектрального аналізу можна задавати частотне розрізнення і типа вікна

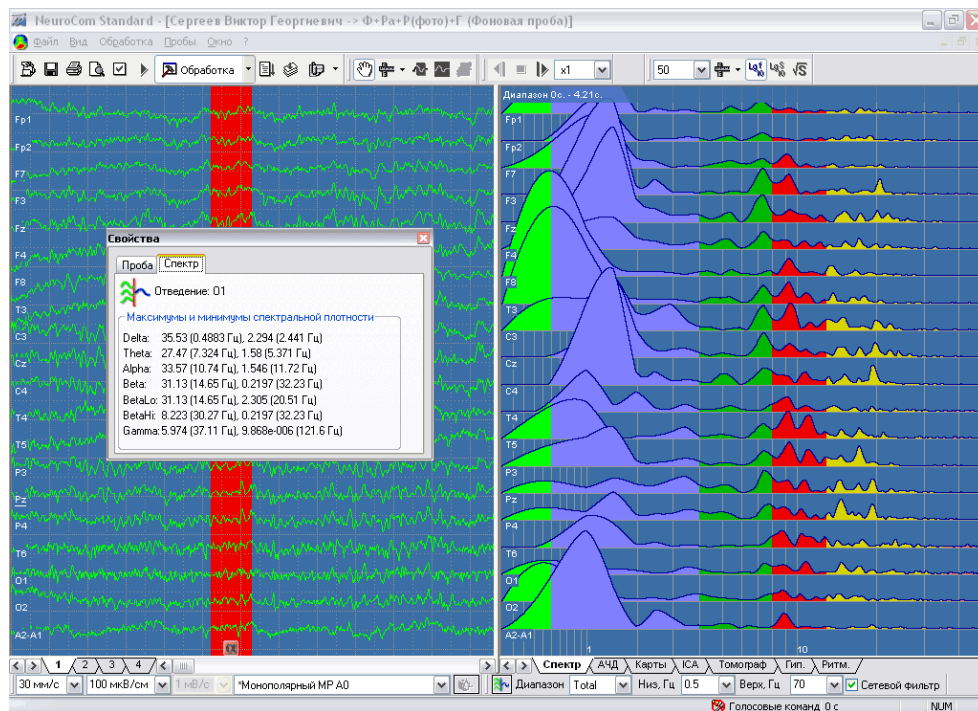


Рис.11. Приклад спектральної обробки енцефалограми

Дуже важливий етап обробки ЕЕГ сигналів пов'язаний з топографічним картуванням (рис. 12) електричної активності мозку, що дозволяє представити вихідні дані у більш наочному вигляді, а в деяких випадках, дозволяє побачити те, що

Системи монополярних відведень, наприклад, дозволяють побудувати карти розподілу за потужністю радіальних складових всіх джерел ЕЕГ активності на вказаному часовому інтервалі і у вибраному частотному діапазоні.

Біполярні схеми відведень дозволяють побудувати карти розподілу

потужності відповідних тангенціальних складових джерел ЕЕГ активності. Можуть бути побудовані також карти розподілу повної потужності всіх джерел ЕЕГ активності у вибраному частотному діапазоні, які виходять за рахунок геометричного підсумовування в кожній крапці на поверхні скальпа потужності радіальною і два взаємно перпендикулярних тангенціальних складових.

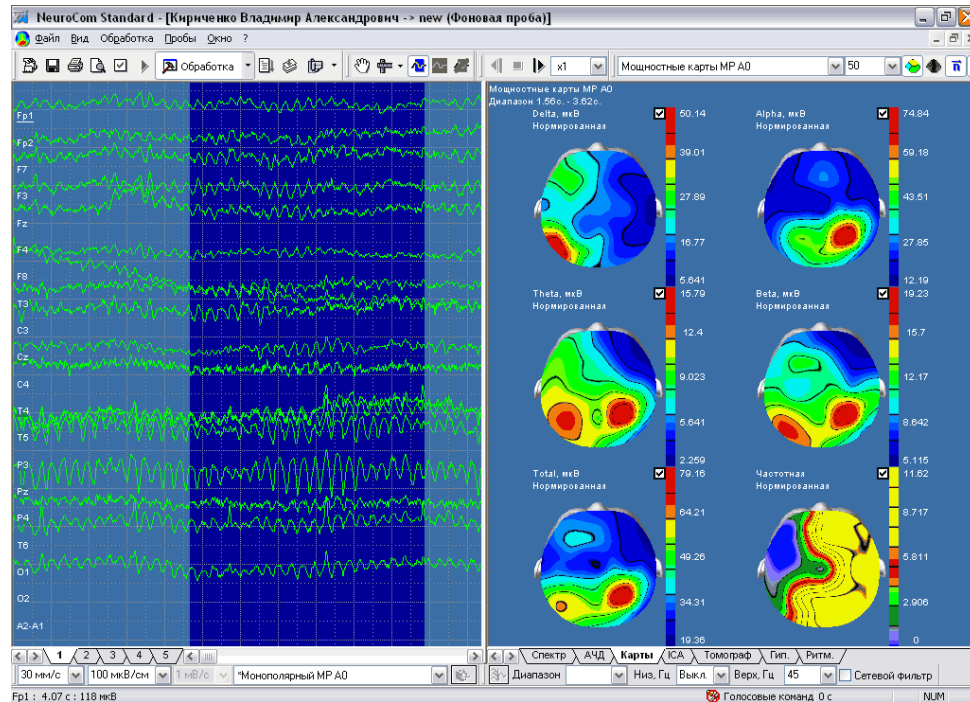


Рис.12. Приклад спектральної обробки енцефалограми

В рамках традиційного обстеження є популярним відстеження реакції мозку на певні подразники.

Аналіз проби Гіпервентиляція передбачає дослідження динаміки зміни параметрів основних ритмів ЕЕГ активності під час власне гіпервентиляції і подальшого періоду відновлення, оскільки саме виявлення особливостей динаміки і міри вказаних змін і складає основний сенс цієї проби. Як опорні значення параметрів ритмів використовуються значення, отримані при аналізі початкового часового інтервалу проби Гіпервентиляція, коли дана дихальна дія пацієнтом ще не виконується.

Обробка даних проби Ритмічна стимуляція в програмі Neurocom дозволяє відображувати на екрані закон зміни амплітуд нав'язаних ритмів (у тому числі і при розгляді нав'язування ритмів на гармоніках і субгармоніках частоти стимуляції) при зміні частоти стимуляції. Зміни визначаються по відношенню до фонові проби.

Однією з основних проблем отримання якісних даних є артефакти.

Зазвичай, при роботі з ЕЕГ даними, лікар стикається з чотирма типами артефактів:

- електродні артефакти, що виникають при зміні поляризаційної ЕДС, що генерується шкіряно-електродним переходом;
- фізіологічні артефакти, пов'язані з реєстрацією потенціалів, що виникають при морганні і русі очей, міографічних потенціалів при м'язовій напрузі, реєстрацією ЕКГ або пульсових коливань, що виникають за рахунок спільного впливу пульсацій скальпових судин і зміни поляризаційної ЕДС шкіряно-електродного переходу;
- синхронізовані стимул-реакціями фізіологічні артефакти при роботі з ВП;
- артефакти, що створюються електромагнітними полями промислового змінного струму частоти 50 (60) Гц.

У програмі в процесі реєстрації ЕЕГ є можливість установки "маркерів подій", для опису особливостей поведінки пацієнта, а вирізування артефактних ділянок перенесли на етап подальшої обробки, причому, в програму включено алгоритми автоматичного пошуку артефактів, з можливістю корекції отриманих результатів лікарем.

Завдання.

1. Ознайомитись з обладнанням та програмним забезпеченням ЕЕГ комплексу НейроКом.
2. Встановити режим тестування та дослідити сигнали на приладі у цьому режимі.
3. Встановити електроди на голові свого напарника, виконати налаштування приладу та виконати запис ЕЕГ.

Хід виконання

1. Ознайомлення з реалізацією апаратно-програмного комплексу НейроКом.

- 1.1. Запустити програму NeuroCom.
- 1.2. Створити нову "базу даних" з ознакою в полі опису власного прізвища у директорії, призначеній для обслуговування лабораторної роботи. В разі невдалої спроби – невдалу базу видалити.
- 1.3. Створити в створеній базі картку "нового пацієнта" з назвою "Тест". Ця картка буде відповідати виконанню п.2 (режим тестування приладу).
- 1.4. Ознайомитись з налаштуванням протоколу. Обрати по черзі

режими “Електроенцефалограф” та “Електроенцефалограф ВП (методика – викликані потенціали)”. Зайти у меню створення нового відвідування і подивитись, які параметри протоколу можуть бути налаштовані в цих випадках.

- 1.5. Створити “нове відвідання” для створеного “пацієнта” в режимі “Електроенцефалограф ВП” (режим – калібрування). На екрані з’явиться вікно збору даних ЕЕГ. На початок лабораторної роботи контакти каналів приладу будуть приєднані викладачем до калібратору, що забезпечує отримання на екрані деяких сигналів.
- 1.6. Ознайомитись з елементами меню збору даних. Розібратись з записом даних, переходом у вікно обробки даних, візуалізацією спектру та карт, поверненням назад для перезапису даних обстеження. Звернути увагу на керування швидкістю розгортки та чутливістю каналів.

2. Робота в режимі тестування

- 2.1. Навчитись налаштовувати фільтр для виділення частотного діапазону під час запису даних.
 - 2.1.1. Прибрати фільтрацію взагалі (знайти – як !) записати сигнал в обране обстеження. Подивитись спектр.
 - 2.1.2. Повернутись для перезапису даних. Увімкнути фільтр “альфа” Зробити запис. Пересвідчитись, що фільтрація сигналу виконується не при записі, а при відображенні даних.
 - 2.1.3. Повернутись в запис даних, ознайомитись з впливом на характер кривих мережевого фільтра (придушення частоти мережі живлення) Записати сигнал в обстеження з вимиканням даного фільтру приблизно з половини часового інтервалу запису. Довести, що даний вид фільтрації також стосується тільки відображення та обробки. Пояснити чому.
 - 2.1.4. Навчитись виділяти діапазон для визначення спектру. Записати зразки вигляду екрану через графічний редактор, який має зручний інтерфейс захоплення екрану (PSP40). Пояснити характер зміни спектру від заданого часового проміжку.
- 2.2. Навчитись обробляти отримані дані.
 - 2.2.1. Подивитись вплив фільтрів на характер спектру. Записати зразки вигляду екрану
 - 2.2.2. Навчитись налаштовувати фільтрацію окремих каналів.

Зробити зображення вигляду екрану результату налаштування.

2.2.3. Розібратись, як впливає фільтрація на вигляд карт. Зробити зображення вигляду екрану.

2.3. Повернутись у режим запису даних. Записати штатний протокол обстеження. Записати його у базу даних. Закрити програму. Завантажити її повторно. Знайти вашу базу і завантажити записане обстеження. Пересвідчитись у коректності.

3. Робота з реальними сигналами

3.1. Підготувати прилад до обстеження.

3.1.1. Встановити електроди на голові напарника та приєднати їх до приладу (під наглядом викладача!).

3.1.2. Запустити програму NeuroCom.

3.1.3. Створити картку нового “пацієнта” з умовними прізвищем та іншими даними.

3.1.4. Для даного “пацієнта” створити нове відвідування у режимі “Електроенцефалограф ВП”. Запустити стандартний протокол. Перевірити у програмі якість приєднання електродів.

3.2. Запис стандартних протоколів.

3.2.1. Створити нове відвідування “Електроенцефалограф”. Реалізувати запис штатних протоколів, вказаних викладачем. Записати до бази даних.

3.2.2. Створити нове відвідування “Електроенцефалограф ВП”. Записати до бази даних стандартний протокол даного обстеження.

3.3. Запис даних з артефактами.

3.3.1. Створити нове відвідування “Електроенцефалограф ”. Під час запису попросити вашого напарника в певний момент поворухнути головою, в інший момент порозмовляти, відкрити та закрити очі. Відмітити ці події маркером (активується через натискання F10).

3.3.2. Подивитись в обробнику. Записати до бази даних.

3.3.3. Обробка даних.

3.3.4. Виділити різні ритми, подивитись їх спектри і карти.

3.3.5. Спробувати знайти по кривих точки фізіологічних артефактів, записаних раніше. Перевірити їх по положенню маркерів

3.3.6. Порівняти карти запису протоколів з артефактами та без

3.4. Згенерувати звіт з програми.

3.5. Оформити звіт з лабораторної роботи.



а



б



в

Рис.13. Схема приєднання електродів до каліброватора.

(а – подання сигналів на входи каналів, б – заземлення референтних відведень, в – повна схема з'єднань)

Контрольні питання

1. Чому в сучасному енцефалографі практично усі обробки робляться чисельно у комп'ютері?
2. Пояснити чому, переналаштування фільтрів змінює вигляд карт?
3. Чому спектр фрагмента сигналу суттєво відрізняється від спектру повного сигналу?
4. В чому перевага реалізації енцефалографії за монополярною схемою?
5. Чому до поточного моменту в енцефалографії не реалізована повністю автоматична обробка?

¹ Система "десять-двадцять" (10-20) – стандартна система установки (розміщення) електродів на поверхні, що рекомендована Міжнародною федерацією електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології. Спосіб визначення місць розташування електродів такий: лінію, що з'єднує перенісся і потиличний бугор, поділяють на 10 відрізків, кожний з яких відповідає 10% загальної довжини лінії, проведеної по конвексимальній поверхні. Перший і останній електроди накладають на відстані, що відповідає 10% загальної довжини лінії від прилягаючих анатомічних утворень. Від першого електрода на відстані, що відповідає 20% загальної довжини лінії, накладається інший електрод і т.д. Таким чином, по лінії перенісся-потилиця (медіанна лінія, чи вертексна лінія) накладають 5 електродів. На лінії зовнішні слухові проходи макушечний електрод (центральна лінія) у такому ж стані накладають по двох електрода на кожен півкулю. Лінії, паралельні до медіанної (вертексної) і які проходять через електроди, накладені по центральній лінії, звуться парасагітальні і скроневі (права і ліва). При цьому на парасагітальні лінії накладають по 5 електродів, а на скроневі – по 3 електроди. Усього в цьому випадку на конвексимальну поверхню накладають 21 електрод. Часто використовують варіант, при якому два електроди з вертексної лінії переносять на скроневу область, тобто ущільнюють скроневу лінію. При розташуванні електродів по системі "10-20" проекції однойменних електродів попадають завжди на відповідні анатомічні області мозку.