

ВПЛИВ ПАСИВНОГО СПРИЙНЯТТЯ ЗАПАХУ ІЗОАМІЛАЦЕТАТУ НА БЕГ ЛЮДИНИ В СТАНІ СПОКОЮ

Надійшла 11.09.13

Проведений аналіз змін спектральної потужності ЕЕГ-осциляцій різних частотних діапазонів та рівнів когерентності цих коливань в умовах пасивного сприйняття людиною запаху ізоамілацетату (грушевої есенції) в стані спокою. Незалежно від суб'єктивної оцінки запаху ізоамілацетату сама його наявність викликала в усіх обстежуваних зростання середніх рівнів когерентності коливань високочастотного α -субдіапазону, що може вказувати на посилення внутрішньої психічної активності і підвищення готовності до реагування. В обстежуваних, що оцінювали застосований запаховий подразник як негативний, при цьому знижувалася когерентність $\alpha 2$ - та $\beta 1$ -осциляцій у центральних, фронтальних і окципітальних ділянках кори. В осіб із позитивною суб'єктивною оцінкою запаху ізоамілацетату когерентність зростала на тлі його дії і в $\alpha 1$ -піддіапазоні. Таким чином, отримано вказівки на те, що активація нюхового аналізатора здатна помітно змінювати функціонування нейронних мереж головного мозку людини в стані спокою; характер цих змін частково залежить від суб'єктивної гедонічної оцінки того чи іншого запаху.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЕГ, нюховий аналізатор, ізоамілацетат, спектральна потужність, когерентність.

ВСТУП

Підвищений інтерес різних за фахом дослідників до нюхової сенсорної системи пов'язаний з тим, що розкриття нейрофізіологічних механізмів дії запахових подразників може дати можливість більш глибокого розуміння певних аспектів взаємодії людини з довкіллям та принципів формування її поведінкових реакцій [1]. Процеси сприйняття та оцінки ольфакторної інформації реалізуються у філогенетично давніх структурах мозку, які одночасно є компонентами лімбічної системи. Сама ж лімбічна система мозку є нейронною основою регуляції таких психічних процесів та феноменів у людини, як емоції, мотивації, пам'ять, навчання та ін.

Дані клінічних досліджень свідчать про те, що втрата здатності до сприйняття та розпізнавання

запахів є одним із характерних симптомів таких захворювань, як хвороба Альцгеймера [2] та шизофренія [3], а також багатьох інших психічних та нейродегенеративних патологій. Отже, зміни нюхової функції можуть бути маркерами психічних розладів у всьому їх різноманітті, причому патерни таких змін є специфічними для кожного виду захворювання [4]. Слід, проте, визнати, що й досі нюховий аналізатор людини залишається серед інших сенсорних систем найменш дослідженим. Вивчення впливу запахів на базисні механізми функціонування головного мозку та психічну активність людини на сьогодні є досить актуальним завданням як нейробіології, так і медицини.

Ізоамілацетат (IAA; грушева, або, за іншою термінологією, бананова есенція) – ефір ізоамілового спирту та оцтової кислоти – легколетюча речовина, що досить широко використовується в харчовій промисловості як ароматизатор, а також у дослідженнях функціонування нюхової системи людини [5]. Цей агент є подразником виключно нюхового епітелію, він не є жорстко асоційованим з типом гедонічної реакції на його пред'явлення та не є аверсивним [6, 7]. Загальнофізіологічні ефекти

¹ Київський національний університет ім. Тараса Шевченка (Україна).

Ел. пошта: igzima@mail.ru (І. Г. Зима)

mykola.makarchuk@gmail.com (М. Ю. Макаrchук);

rattus.norvegicus@gmail.com (С. А. Крижановський);

tsv.serg@rambler.ru (С. В. Тукаєв).

його впливу, зокрема на функціональну активність головного мозку людини, поки що залишаються не до кінця визначеними.

У нашому повідомленні описано фрагмент досліджень із вивчення кореляції змін характеристик ЕЕГ з виконанням когнітивних завдань. Водночас у таких тестах ми досліджували впливи запаху ІАА на функціональну активність головного мозку людини (з урахуванням знаку емоційної оцінки такого впливу) в стані спокою за умов відсутності спеціального спрямування уваги на вказаний ольфакторний подразник. Ми вважаємо, що відповідні дані щодо функціонування ольфакторного аналізатора мають досить істотну самостійну цінність.

МЕТОДИКА

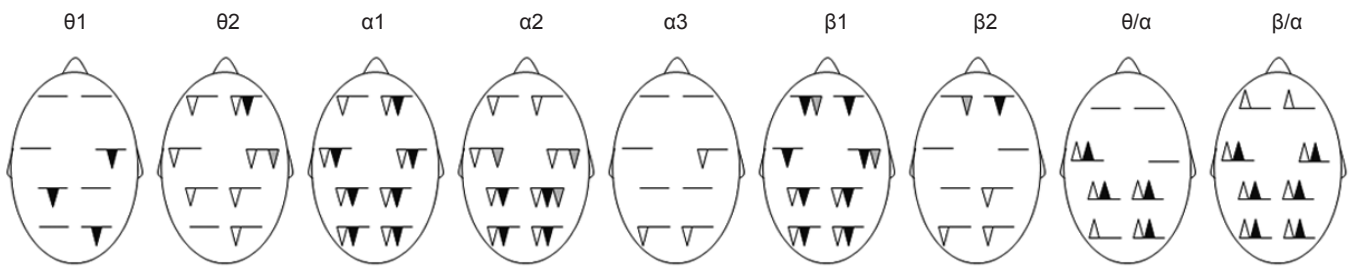
У дослідженнях взяли участь 36 добровольців – студенти біологічного факультету віком від 18 до 25 років, 19 жінок та 17 чоловіків, без скарг на ті або інші ринальні патології на момент проведення дослідження. Під час запису ЕЕГ обстежувані перебували в звуко- та світлоізолюваній камері, у кріслі в зручному положенні напівлежачи, із заплющеними очима. Після адаптації людини до умов обстеження (1–2 хв) та реєстрації фонові ЕЕГ (3 хв) через вентиляційну систему в камеру подавали пари ІАА з розрахунку 0.1 мл/м^3 (на рівні порога детекції запаху) і записували ЕЕГ протягом 8 хв. У контрольних тестах процедуру одорації імітували за допомогою парів дистильованої води. При проведенні досліджень обстежуваних не попереджували про можливість появи того або іншого запаху.

Запис та первинний аналіз ЕЕГ проводили на базі комп'ютеризованого електроенцефалографічного комплексу EEG-16S („Медікор”, Угорщина). Використовували симетричні лобні (F3, F4), тім'яні (P3, P4), потиличні (O1, O2) та скроневі (T3, T4) відведення за міжнародною схемою „10–20”. Референтним електродом слугували об'єднані вушні контакти. Міжелектродний опір не перевищував 5 кОм. Частота дискретизації при оцифровці сигналів ЕЕГ дорівнювала 100 с^{-1} , частота зрізу при фільтрації щодо високих частот складала 30 Гц; постійна часу становила 0.3 с. Аналізу підлягали окремі 20-секундні безартефактні фрагменти записів, отримані кожної хвилини в процесі безперервного запису ЕЕГ. Обчислювали абсолютні значення спектральної потужності (СП) і середні рівні когерентності (СРК) ЕЕГ-сигналів (для всіх

можливих пар відведень) у наступних частотних діапазонах: 4.1–5.86 Гц (θ_1), 6.05–7.42 Гц (θ_2), 7.62–9.38 Гц (α_1), 9.57–10.74 Гц (α_2), 10.94–12.89 Гц (α_3), 13.09–19.22 Гц (β_1) та 20.12–25.0 Гц (β_2). На початку і після дослідження обстежувані заповнювали бланки тесту САН (самопочуття, активність, настрій) та тесту Спілбергера–Ханіна щодо реактивної тривожності, а в разі відчуття запаху надавали оцінку приємності останнього за 10-бальною шкалою. Статистичну обробку отриманих числових даних проводили з використанням рангового критерію Вілкоксона; як значущі розглядали відмінності, для яких P складала менше 0.05.

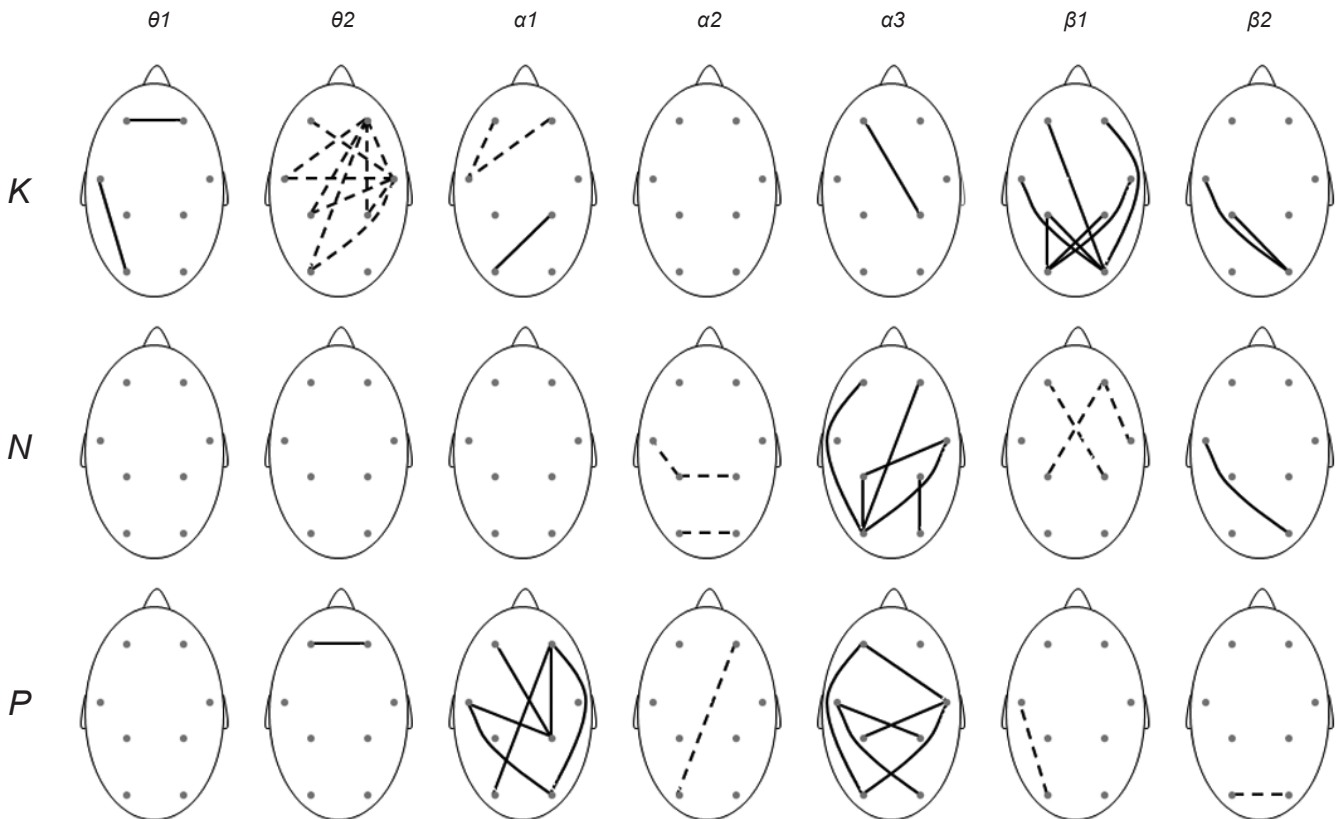
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз отриманих результатів показав, що в контрольній серії експериментів (група К) період пролонгованого стану спокою з імітацією одорації повітря та відсутністю ольфакторного подразнення характеризувався відповідним до умов дослідження (сенсорне обмеження, зручне положення тіла, загальний спокій) зменшенням значень СП ЕЕГ практично в усіх частотних межах, найбільш вираженим в θ_2 -, α_1 - та α_2 -субдіапазонах (рис. 1). У високочастотних діапазонах зміни відмічалися переважно в задніх ділянках кори. Незважаючи на це, обчислення так званих активаційних когнітивних коефіцієнтів (значень співвідношень потужностей β/α і θ/α) виявили певні активаційні зміни з боку церебральних β - і θ -систем (рис. 1). Здається вірогідним, що такі зрушення в стані спокою пов'язані саме з внутрішньо індукованою активністю ментальної сфери [8]. На сьогодні вважається, що подібна ментальна активність під час стану спокою (стан спонтанного мислення – mind wandering), яка реалізується на протигагу такій у стані виконання зовнішніх завдань, є інтроспекцією. Зазначена активність є відображенням того, що відбувалося під час виконання завдань у моменти найменшої зосередженості на них або після закінчення вирішення завдань. Такі ментальні процеси є продуктом процесів активації так званих мозкових мереж станів спокою (resting states networks – RSN) [8]. Під час функціональної незавантаженості більшості мозкових функціональних блоків активність цих нейромереж проявляється у вигляді вираженого функціонального об'єднання мозкових утворень. Серед останніх виділяються в першу чергу задня частина поясної звивини, медіальна префронтальна кора,



Р и с. 1. Топокарти змін спектральної потужності (СП) коливань різних субритмів ЕЕГ та відношень потужностей в умовах дії запаху ізоамілацетату (ІАА) або імітації процедури одорації.

Білими символами позначені ефекти, що спостерігалися в умовах імітації одорації (пари дистильованої води), чорними – ті, що відмічалися в підгрупі обстежуваних із низькими суб'єктивними оцінками запаху ІАА (“скоріше не подобається”, оцінка нуль–чотири бали, $n = 14$), сірими – ефекти в підгрупі з позитивною оцінкою запаху (“скоріше подобається”, оцінка п'ять–дев'ять балів, $n = 22$). Трикутниками, оберненими вгору та вниз, позначені випадки значущих ($P < 0.05$) зростання та зменшення показників (СП або відношень СП) відповідно.



Р и с. 2. Топокарти змін середніх рівнів когерентності (СРК) коливань різних субритмів ЕЕГ в умовах дії запаху ізоамілацетату. Суцільними лініями показані випадки посилення когерентності (збільшення СРК) ЕЕГ-осциляцій у відповідних локусах кори, штриховими лініями – випадки зменшення СРК; показано лише значущі зміни ($P < 0.05$).

парієтальна кора, скроневі частки кори, парагіпокампальна звивина, гіпокамп, острівець та ін. [9].

Певним підтвердженням вищенаведеного є виявлені нами зміни когерентності в обстежуваних у стані спокою за відсутності дії запаху (рис. 2, К). Процеси дистантної синхронізації в стані спокою характеризувалися в першу чергу істотним зниженням як міжпівкульних, так і внутрішньопівкульних рівнів когерентності в передніх відділах мозку в межах θ 2-діапазону з фокусами в правій фронтотемпоральній зоні. Це могло відбивати послаблення процесів, пов'язаних з оперативною пам'яттю за відсутності зовнішньо зумовлених завдань та зовнішньої сенсорної інформації. Одночасно підвищувалися СРК θ 1-осциляцій (міжфронтальне поєднання з правопівкульною темпорально-окципітальною інтеграцією), а також відбувалися зміни в межах β -діапазону в задніх областях з їх довгодистантним фронтотемпоральним поєднанням та значуще посилення міжпівкульних зв'язків. Тут принагідно відмітити, що приріст СРК у θ -смузі вважається корелятом підвищення рівня емоційного напруження [10] (рис. 2).

Зміни СРК в інших ЕЕГ-діапазонах проявлялись у корі великих півкуль дифузно; такі зрушення вказували на можливість розвитку певних когнітивно-інформаційних процесів – емоційно-пам'ятних, семантично-образних (зміни в θ 1-субдіапазоні), мовно-розумових та семантичних (зниження СРК α 1-коливань у лівофронтальних зонах, міжпівкульне фронтотемпоральне поєднання в α 3-субдіапазоні) [11]. Вірогідно, також відбувалася позитивно-емоційна модуляція настрою (приріст СРК α 1-осциляцій у задніх відділах кори [12]). Однак найбільш значущими для характеристики стану спокою виявилися топокарти змін СРК коливань β 1,2- і θ 1-субдіапазонів. Незважаючи на те, що в умовах дослідження обстежувані знаходились у стані спокою при певній сенсорній депривації (темрява, заплющені очі, тиша і т. ін.), зміни високочастотних компонентів ЕЕГ у цей час могли відбивати розвиток активаційних процесів (формування окципітального фокусу функціонального об'єднання зон мозку) (рис. 2, К). На думку Свідерської [13], функціональне поєднання даної області з передніми відділами кори можна розглядати як інформаційне сполучення, котре до певної міри може вважатися проявом формування вихідної готовності нервових центрів кори до переробки інформації. Таке посилення СРК саме в θ 1- і β 1,2-субдіапазонах, окрім того, що воно є корелятом розвитку внутрішніх

психічних процесів, пов'язаних із підготовкою до діяльності, може вказувати і на появу певних ендогенних емоційно-активаційних процесів, спрямованих на підтримку рівня бадьорості і протидії монотонності за низької інформативної насиченості довкілля.

Більш того, зміни в β 1-діапазоні в межах стану спокою розцінюються в сучасній літературі в аспекті гіпотези про те, що β 1-активність обслуговує “*status quo*” поточного сенсомоторного та когнітивного стану, ефективність когнітивного контролю [14], а активність β 2-субдіапазону відображає синхронізацію різних стратегій багатомодального інформаційного вибору в перебігу процесів мислення. Таку ЕЕГ-активність пов'язують з вищими когнітивними функціями та з пізнанням «*per se*», тобто визначенням суті того або іншого феномену [15].

Таким чином, виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновок, що в умовах стану спокою в наших контрольних тестах у головному мозку обстежуваних відбувалася активація певних нейромереж, сформованих саме під час відсутності зовнішньої інформації; така активація пов'язана саме з “внутрішньою” інтегративною та когнітивною діяльністю. Іншими словами, в стані пролонгованого спокою (вимушеної бездіяльності) в умовах наших експериментів у обстежуваних розвивалася внутрішня психічна активність, що в сучасній літературі, як вже зазначалося, розглядається як відображення активації мереж стану спокою (RSN). Поки що основна функціональна роль RSN чітко не визначена. Проте їх активність пов'язують із процесами відображення внутрішніх та зовнішніх стимулів (самооцінка, мислення). Це включає в себе активацію епізодичної пам'яті, внутрішньої мови, ментальних образів-уяв, емоцій, планування майбутнього та ін. [16]. Такі положення повністю узгоджуються з гіпотезою про те, що тонічна активність RSN під час усвідомленого стану спокою пов'язана з розумовим „ментальним маренням” (mind-wandering) – вільним перетіканням думок [17].

Переходячи до опису результатів досліджень впливу запаху ІАА на поточну ЕЕГ, треба зазначити, що в перебігу аналізу отриманих даних ми вилучали зміни, отримані в першу хвилину одорвання, оскільки в цей час виникала орієнтувальна реакція на появу запахового чинника, тобто відбувалася активація процесів спрямованої уваги. Слід підкреслити, що жодного спеціального завдання

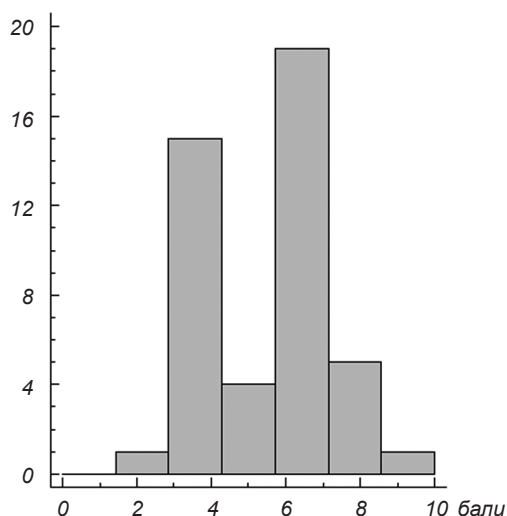


Рис. 3. Гістограма розподілу обстежуваних за суб'єктивними гедонічними оцінками запаху ізоамілацетату. По осі абсцисс – оцінка, бали (більші оцінки відповідають більшій суб'єктивній приємності запаху); по осі ординат – кількість обстежуваних з відповідними оцінками.

стосовно виявлення запахового чинника обстежувани не отримували і вони не були поінформовані про появу, ані про якість одоранту. Вони знаходились у стані бездіяльності та очікували на команду про початок виконання певного когнітивного завдання, ніяк не пов'язаного зі стимуляцією ольфакторного аналізатора.

З урахуванням широко відомого твердження про те, що завдяки морфофункціональній організації нюхового аналізатора запахи, на відміну від зорових і слухових стимулів, у першу чергу змінюють емоційний стан (настрій) людини [18], ми провели аналіз змін топокарт ЕЕГ наших обстежуваних в умовах одорації повітря ІАА залежно від суб'єктивної оцінки приємності-неприємності цього запаху. Частотний розподіл суб'єктивних оцінок приємності-неприємності запаху ІАА в тестованій групі представлений на рис. 3. Можна бачити, що тест-запах сприймався більшістю обстежуваних як нейтральний або позитивний подразник. Аналіз психологічного тестування перед початком і після закінчення дослідження не виявив значущих відмінностей отриманих оцінок як за шкалою САН-тесту, так і за шкалою рівня реактивної тривожності ($P > 0.05$). У той же час розподіл гедонічних оцінок запаху ІАА різними учасниками на основі умовної шкали нуль-дев'ять балів (збільшення в

напрямку приємності) свідчив про наявність двох відносно чітко відокремлених підгруп обстежених. Першу підгрупу склали суб'єкти з оцінками запаху від нуля до чотирьох балів. Для таких обстежуваних цей запах суб'єктивно був скоріше неприємним, ніж приємним (підгрупа N, $n = 14$). До другої підгрупи були віднесені обстежувані з оцінками запаху від п'яти до дев'яти балів, для яких цей запах був приємним (P, $n = 22$).

Дані проведеного аналізу ЕЕГ, отриманих у стані спокою обстежуваних на тлі одорювання повітря ІАА, порівняно з результатами контрольних дослідів виявили зміни в активності нейромереж, незважаючи на те що запах ІАА не знаходився в полі цілеспрямованої уваги (рис. 1). Так, у підгрупі N спостерігалось достатньо топографічно виражене пригнічення ЕЕГ-осциляцій певних діапазонів – правостороннє в θ_1 -субритмі, практично генералізоване (крім F3) в α_1 - і генералізоване по всій корі в β_1 -осциляціях ЕЕГ. У θ_2 - і β_2 -субдіапазонах СП коливань зменшувалась лише в правій фронтальній ділянці. В той же час спрямованість змін активаційних коефіцієнтів була діаметрально протилежною. Спостерігалось значуще збільшення відношення θ/α переважно в парієтальних, лівій темпоральній і правій окципітальній зонах, а відношення β/α зростало майже скрізь, крім фронтальних відведень. Натомість у групі P значущих широко розповсюджених змін СП тих або інших частотних діапазонів відмічено не було; не зменшувались істотно і значення активаційних коефіцієнтів (рис. 1). Топографія змін СП мала мозаїчний характер. Тільки в α_2 -субдіапазоні ЕЕГ спостерігалось значуще зменшення СП відповідних коливань в обох темпоральних і правій парієтальній зонах, що вказувало на певні активаційні процеси у вказаних ділянках мозку.

Характер процесів дистантної синхронізації ЕЕГ-осциляцій у підгрупах P і N також досить істотно розрізнявся (рис. 2). Так, в обстежуваних групі N спостерігалось лише значуще посилення коротких і довгодистантних поєднань у межах α_3 -субдіапазону з фокусом у лівій окципітальній зоні, а в β_2 -смузі – поєднання лівого темпорального з правим окципітальним локусом. Крім цього, відмічалось зниження, переважно міжпівкульне, СРК α_2 - і β_1 -коливань у задньо- і передньоцентральных ділянках відповідно (рис. 2, N). В ЕЕГ обстежуваних групи P до потужного міжпівкульного зростання СРК в α_3 -субдіапазоні додавалися ще не менш потужне посилення синхронізації в α_1 -субдіапазоні

з центрами в правих фронтальній, парієтальній та окципітальній зонах і міжфронтальне поєднання в межах високочастотного θ 2-ритму. Відмічалось також зниження значень СРК в α 2- і β 1,2-діапазонах, але такі ефекти були поодинокими за своєю топографією (Р).

Таким чином, наявність у повітрі запаху ІАА, навіть за умов відсутності спрямування уваги обстежуваних до нього, призводила до змін функціонування мозкових механізмів свідомості людини в стані спокою (RSN).

Найвиразніші відмінності стосувалися змін СРК. У першу чергу, на відміну від групи контролю, в обстежуваних експериментальних підгруп спостерігалось генералізоване збільшення СРК високочастотного компонента α -ритму (α 3) (рис. 2). Згідно із сучасними уявленнями, зміни в цій частотній смузі пов'язують із когнітивними процесами найрізноманітніших типів, залученням оперативної та довгострокової пам'яті, реалізацією інтелектуальної поведінки, перцептивними функціями, семантичною діяльністю, процесами планування та прийняття рішень тощо [19].

Одночасно зі збільшенням СРК α 3-коливань в обстежуваних групи Р було відмічено паралельне збільшення СРК хвиль α 1-діапазону. Натепер зміни в цьому діапазоні (десинхронізацію коливань) пов'язують із формуванням уваги до зовнішніх умов [20]; позитивний настрій та приємні спогади супроводжуються посиленням синхронізації α 1-осциляцій, і навпаки [21]. Посилення синхронізації α 1-коливань, особливо у фронтальних зонах, і зв'язку зазначених ділянок із потиличними відділами кори є показником "включення" внутрішнього фокусу і спостерігаються в процесі релаксації [22]. Всі ці дані вказують на можливість існування зв'язку між низькочастотною α -активністю і активністю так званих нейромереж стану спокою (RSN).

Для обох наших експериментальних підгруп, на відміну від контрольної групи, було характерно послаблення дистантних поєднань у межах β 1-субдіапазону, більш виражене в підгрупі N; це відмічалось щодо фронтально-парієтальних міжпівкульних сполучень та правої фронтально-темпоральної зони. В той же час у підгрупі Р змінювалось ліве темпорально-окципітальне поєднання (рис. 2). Для ЕЕГ, зареєстрованих у підгрупі N, було характерне лівостороннє збільшення СРК у β 2-субдіапазоні.

У сучасній літературі, як вже зазначалось вище, зниження інтенсивності α 1-коливань оцінюється як

прояв послаблення активності зворотних кортикоталамічних петель, що модулюють рівень зовнішньої уваги [23]. Тож можна припустити, що виявлена нами відсутність значних змін у межах θ -ритму та одночасне зниження СРК високочастотних складових ЕЕГ (β 1) пов'язані із загальною релаксацією обстежуваних завдяки відсутності зовнішньої релевантної сенсорної інформації [10].

Треба зазначити, що, незважаючи на невизначеність інформаційної біологічної значущості запаху ІАА, проведена нами диференціація ЕЕГ-змін за суб'єктивними емоційними оцінками даного ольфакторного стимулу виявила, що на тлі посилення внутрішньої психічної активності та організації ланцюгів готовності до реагування (α 3 в обох групах) група Р характеризувалась загальним заспокоєнням із проявами релаксуючих ознак комфортності (α 1), тобто співіснуванням станів релаксації і внутрішньої пильності/уваги (attentive mind).

Наведені результати цілком узгоджуються з даними томографічних досліджень [24] і підтверджують висловлену точку зору, що навіть така найбільш елементарна форма ольфакторної перцепції, як пасивне сприйняття запаху, активує семантичну діяльність головного мозку завдяки миттєвому формуванню асоціацій і суджень (характеристик) у присутності певного запахового стимулу.

Ольфакторна сенсорна система відрізняється від інших тим, що запахові чинники, навіть за умов їх пасивного сприйняття, миттєво викликають емоційні реакції, асоціації, процеси посилення ментальної активності. Це відбувається завдяки структурно-функціональним особливостям нюхового аналізатора, а саме наявності численних прямих зв'язків з основними структурами лімбічної системи і передніми відділами неокортексу.

Згідно з твердженнями Тереза й Уайта [25], зони кори головного мозку, що реагують на появу нюхових подразників, є одночасно і перцептивними, і когнітивними. Це робить можливим створення семантично обґрунтованих репрезентацій, незалежних від модальної специфічності наявної інформації. До таких зон належать мигдалеподібний комплекс, грушоподібна кора, передній острівець, орбітофронтальна та поясна ділянки кори, гіпокамп, парагіпокампальна звивина та ін. [26].

Необхідно зазначити, що дані мозкові утворення в більшості одночасно є ключовими структурами нейромереж, функціонуючих у стані спокою (RSN), [27]. Мабуть, саме завдяки існуванню ефекту посилення внутрішніх психічних процесів серед

психологів і ароматерапевтів на сьогодні існує точка зору, згідно з якою сприйняття приємних запахів (ароматів) спричинює зміну психічного та емоційного статусу людини навіть у стані спокою. Це, в свою чергу, призводить до підвищення резервних можливостей мозку, стресостійкості, працездатності та ін.

Таким чином, отримані нами результати з вивчення дії специфічного олфакторного чинника – ІАА (нерелевантного основному завданню тестів, не пов'язаного з обставинами тестування, малознайомого і неаверсивного) на функціональний стан головного мозку людини в умовах відсутності спрямованої уваги до нього, в стані спокою обстежуваних вказують на те, що мозкова система нюхового аналізатора реалізує істотні модуляційні впливи з вираженим ефектом активації когнітивних функцій, внутрішньої психічної діяльності (mind-wandering, stream of consciousness), релаксації та організації системної готовності до подальшого реагування на зміни зовнішніх обставин (tonic alertness). Характер цих змін певною мірою залежить від суб'єктивного ставлення людини до специфіки того або іншого запаху.

Сучасні дослідження активності головного мозку, що пов'язана з функціонуванням нюхового аналізатора, вже приносять певні важливі результати як у теоретичній нейробіології, так і в медицині, зокрема в діагностиці і лікуванні психічних і емоційних розладів.

Відповідно до положень Комітету з біоетики Київського університету ім. Тараса Шевченка, а також згідно з принципами, викладеними в Хельсінкській декларації 1975 р., усі учасники дослідження були попередньо інформовані про завдання та процедуру експериментів і дали згоду на участь у них.

Автори даної роботи – І. Г. Зима, М. Ю. Макаруч, С. А. Крижановський і С. В. Тукаєв – підтверджують, що в них немає конфлікту інтересів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. A. A. Cherninskii, I. G. Zima, N. Ye. Makarchouk, et al., "Modifications of EEG related to directed perception and analysis of olfactory information in humans," *Neurophysiology/Neurofiziologiya*, **41**, No. 1, 70-78 (2009).
2. S. S. Schiffman and C. A. Garlin, "Clinical physiology of taste and smell," *Ann. Rev. Nutr.*, **13**, 405-436 (1993).
3. A. D. Nguyen, M. E. Shenton, and J. J. Levitt, "Olfactory dysfunction in schizophrenia: a review of neuroanatomy and psychophysiological measurements," *Harvey Rev. Psychiat.*, **18**, No. 5, 279-292 (2010).
4. B. Atanasova, J. Graux, W. El Hage, et al., "Olfaction: a potential cognitive marker of psychiatric disorders," *Neurosci. Biobehav. Rev.*, **32**, No. 7, 1315-1325 (2008).
5. J. P. Kline, G. I. Schwartz, Z. V. Dikman, et al., "Electroencephalographic registration of low concentrations of isoamyl acetate," *Conscious. Cognit.*, **9**, No. 1, 50-65 (2000).
6. L. Cui and W. J. Evans, "Olfactory event-related potentials to isoamyl acetate in congenital anosmia," *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **102**, No. 4, 303-306 (1998).
7. V. T. Troitskaia and O. S. Gladysheva, "Smell reception and neurogenesis in the olfactory epithelium," *Neurophysiology/Neurofiziologiya*, **22**, No. 4, 500-506 (1990).
8. K. Christoff, A. M. Gordon, J. Smallwood, et al., "Experience sampling during fMRI reveals default network and executive system contributions to mind wandering," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **106**, No. 21, 8719-8724 (2009).
9. D. A. Fair, A. L. Cohen, N. U. Osenbach, et al., "The maturing architecture of the brain's default network," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, No. 10, 4028-4032 (2008).
10. Н. Е. Сви́дерская, Т. А. Королькова, Н. О. Николаева, "Пространственно-частотная структура корковых процессов при различных интеллектуальных действиях человека", *Физиология человека*, **16**, № 5, 5-12 (1990).
11. A. P. Burgess and J. H. Gruzelier, "Localization of word and face recognition memory using topographical EEG," *Psychophysiology*, **34**, 7-16 (1997).
12. D. E. Everhart, "Low alpha power (7.5-9.5 Hz) changes during positive and negative affective learning," *Cognit., Affect., Behav. Neurosci.*, **3**, No. 1, 39-45 (2003).
13. Н. Е. Сви́дерская, Т. А. Королькова, "Пространственная организация электрических процессов мозга: проблемы и решения", *Журн. высш. нерв. деятельности*, **47**, № 5, 792-811 (1997).
14. A. K. Engel and P. Fries, "Beta-band oscillations-signalling the status quo?" *Current Opin. Neurobiol.*, **20**, No. 2, 156-165 (2010).
15. M. Kukleta, M. Brázdil, R. Roman, et al., "Cognitive network interactions and beta-2 coherence in processing non-target stimuli in visual oddball task," *Physiol. Res.*, **58**, 139-148 (2009).
16. M. D. Greicius, B. Krasnow, A. L. Reiss, et al., "Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **100**, 253-258 (2003).
17. M. F. Mason, M. I. Norton, J. D. Van Horn, et al., "Wandering minds: The default network and stimulus-independent thought," *Science*, **315**, No. 5810, 393-395 (2007).
18. R. S. Herz, "A naturalistic analysis of autobiographical memories triggered by olfactory visual and auditory stimuli," *Chem. Senses*, **29**, No. 3, 217-224 (2004).
19. P. Sauseng, W. Klimesch, M. Schabus, et al., "Frontoparietal EEG coherence in theta and upper alpha reflects central executive functions of working memory," *Int. J.*

- Psychophysiol.*, **57**, 97-103 (2005).
20. G. G. Knyazev, J. Y. Slobodskoj-Plusnin, A. V. Bocharov, et al., "The default mode network and EEG alpha oscillations: An independent component analysis," *Brain Res.*, **1402**, 67-79 (2011).
 21. D. E. Everhart, "Low alpha power (7.5-9.5 Hz) changes during positive and negative affective learning," *Cognit., Affect. Behav. Neurosci.*, **3**, No. 1, 39-45 (2003).
 22. F. Travis, "Comparison of coherence, amplitude, and eLORETA patterns during transcendental meditation and TM-sidhi practice," *Int. J. Psychophysiol.*, **81**, 198-202 (2011).
 23. A. Wrobel, "Beta activity: a carrier for visual attention," *Acta Neurobiol. Exp.*, **60**, No. 2, 247-260 (2000).
 24. I. Savic and H. Berglund, "Passive perception of odors and semantic circuits," *Human Brain Mapp.*, **21**, No. 4, 271-278 (2004).
 25. L. Theresa and A. White, "Second look at the structure of human olfactory memory," *Ann. New York Acad. Sci.*, **1170**, 338-342 (2009).
 26. T. Bitter, H. Gudziol, H. P. Burmeister, et al., "Anosmia leads to a loss of gray matter in cortical brain areas," *Chem. Senses*, **35**, No. 5, 407-415 (2010).
 27. O. Sporns, *Networks of the Brain*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London (2011).