

ЗМІНИ КОГЕРЕНТНОСТІ РИТМІВ ЕЕГ У ПРИГЛУХУВАТИХ ПІДЛІТКІВ, ПОВ'ЯЗАНІ З КОГНІТИВНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Надійшла 04.12.14

Реєстрували ЕЕГ-активність у 82 підлітків 12–15 років із сенсоневральною приглухуватістю II–III ступеню та 80 школярів аналогічного віку з нормальним слухом; використовували чотири пари електродів (лобові, скроневі, тім'яні та потиличні). Відведення здійснювали в умовах функціонального спокою та під час виконання тесту Рейвена, що забезпечувало наявність когнітивного навантаження. Як було показано, в стані спокою й у хлопців, і в дівчат із приглухуватістю кількість пар відведень, в котрих когерентність коливань більшості ритмів ЕЕГ була значною або високою (коефіцієнти когерентності (КК) у межах 0.50–0.70 та 0.71–1.0), звичайно перевищувала аналогічні показники в нормально чуючих підлітків. В умовах виконання когнітивного тесту кількість пар відведень із КК більше за 0.50 у хлопців обох груп у більшості випадків зростала (особливо щодо тета-активності у приглухуватих хлопців; при цьому формувалася виражений фокус когерентності тета-коливань у скроневій зоні правої півкулі). У дівчат обох груп виконання тесту звичайно не призводило до значного збільшення когерентності ЕЕГ-ритмів; кількість пар відведень зі значними КК (> 0.50) або залишалася без змін, або навіть зменшувалася. Отже, у приглухуватих підлітків (особливо у хлопців в умовах дії когнітивного навантаження) проявляється інтенсивніша тенденція до посилення когерентних зв'язків між просторово віддаленими локусами кори (генералізації когерентності), тобто до формування ширших асоціативних мереж. Зміни просторової організації когерентних зв'язків в умовах дії когнітивного навантаження демонструють певну гендерну специфічність.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: когерентність, ритми ЕЕГ, приглухуватість, підлітки, когнітивне навантаження.

ВСТУП

Діти та підлітки з порушенням слуху мають ряд особливостей психічного та фізичного розвитку та процесу спілкування, які породжені первинною недостатністю – зниженням інтенсивності слухового аферентного притоку [1, 2]. Ці особливості помітно заважають приглухуватим особам ефективно розвиватись, оволодівати знаннями, здобувати життєво необхідні навички.

При порушеннях слуху в ранньому дитинстві не тільки істотно затримується формування мови, а й страждає пізнавальна діяльність у цілому [1, 3].

Внаслідок порушення слуху об'єм впливів зовнішнього середовища на приглухуватих дітей є зменшеним, а взаємодія з оточуючим середовищем – до певної міри збідненою. Це, в свою чергу, в сукупності з дією згаданих вище факторів може призводити до помітних змін у функціонуванні значної частки систем головного мозку, насамперед неокортексу. Психолого-педагогічні дослідження приглухуватих дітей та підлітків виявляють, як правило, відставання розвитку словесно-логічного мислення, певне зниження пізнавальної активності, недостатню сформованість процесів мислення, порушення їх вербального компонента [1–6].

Значна частина змін функціонального стану основних систем мозку може бути виявлена за допомогою відведення ЕЕГ-активності. В особливостях реєстрованих ЕЕГ-патернів проявляються складні аспекти інтракортикальних та кортикаль-

¹Херсонський державний університет (Україна).
Ел. пошта: nastyashkuropat@yandex.ru (А. В. Шкуропат).

но-субкортикальних взаємодій та нейродинамічних процесів, котрі відбуваються у відповідних структурах мозку. Різнобічні зміни вказаних патернів пов'язані з тими або іншими зрушеннями в нормальному функціонуванні мозку [5–7].

Вивчення особливостей ЕЕГ-активності дітей та підлітків з вадами слуху дозволило накопичити певний об'єм інформації, пов'язаної з відповідною проблемою. В той же час слід визнати, що відомості про специфіку ЕЕГ-активності у приглухуватих дітей та підлітків (тобто в період онтогенезу, критично важливий для розвитку особистості) залишаються недостатніми. Ми вивчали такий аспект особливостей функціонування головного мозку приглухуватих підлітків, як когерентність основних частотних компонентів ЕЕГ, відведених від різних кортикальних зон. Високі рівні когерентності тих або інших частотних компонентів ЕЕГ, відведених від різних локусів кори, розглядаються значною частиною дослідників як свідчення функціонального об'єднання відповідних просторово розділених нейронних систем в інтегральні єдині нейронні мережі.

МЕТОДИКА

Група з 82 підлітків віком 12–15 років із вадами слуху була сформована на базі Херсонської школи-інтернату № 29 для дітей зі зниженим слухом. У членів цієї групи (40 хлопців та 42 дівчини) була діагностована сенсоневральна приглухуватість II–III ступеня. Контрольну групу склали 80 учнів загальноосвітньої школи № 30 Херсона – підлітки аналогічного віку з нормальним слухом. Усі обстежувані підлітки згідно із самооцінкою та результатами мануальних тестів (переплетення пальців кисті, схрещування рук на грудях, динамометрія, аплодування, вміння писати правою та лівою руками) були праворукими.

Реєстрація ЕЕГ здійснювалася за допомогою системи комп'ютеризованого електроенцефалографа «Braintest» (Харків, Україна). Відвідні електроди розміщувалися згідно з міжнародною системою «10–20» у восьми симетричних проєкціях – лобових (Fs, Fd), потиличних (Os, Od), тім'яних (Ps, Pd) та скроневих (Ts, Td). Як референтний електрод використовували об'єднані контакти на мочках вух. Електроди фіксували за допомогою гумового ЕЕГ-шолома. Під час запису ЕЕГ досліджувані

знаходились у світло- та звукоізолюваній камері. Смуга пропускання трактів підсилення та реєстрації відповідала 1.00–30 Гц, частота дискретизації ЕЕГ-сигналу – 50 с⁻¹. Аналізували 60-секундні відрізки записів; епоха аналізу складала 2000 мс. Враховували наступні частотні діапазони: дельта (0.2–3.8 Гц), тета (4.0–7.8 Гц), альфа (8.0–12.8 Гц) та бета (13.0–30 Гц). Фрагменти записів ЕЕГ, які співпадали з кліпанням очей або іншими проявами моторної активності, вилучались із аналізу.

Рівень когерентності коливань основних ритмів ЕЕГ визначали в умовах функціонального спокою та дії когнітивного навантаження, пов'язаного з виконанням тесту Рейвена (див. нижче). Когерентність коливань ЕЕГ, тобто рівень їх частотного та фазового узгодження (безвідносно до потужності цих коливань), характеризували, визначаючи коефіцієнт когерентності (КК). Обчислення КК виконували, використовуючи програмне забезпечення електроенцефалографа. Величини КК, менші за 0.30, розглядали як ознаку слабкої когерентності відповідних ЕЕГ-осциляцій, 0.31–0.50 – помірної, 0.51–0.7 – значущої, а 0.71–1.00 – високої. В нашому дослідженні ми враховували значущі та високі величини КК, а також визначали нормовану кількість (частку) випадків зі значними (> 0.50) КК, беручи за 100 % кількість усіх можливих пар відведень ЕЕГ (28).

Когнітивне навантаження на обстежених суб'єктів забезпечувалося використанням тесту Рейвена. Це невербальний тест, при якому задіюється наочне образне мислення. Тест скерований на встановлення логічних закономірностей у побудові впорядкованого ряду графічних об'єктів (компонентних геометричних фігур, що мають обмежену кількість ознак). Тест має декілька модифікацій із різними рівнями складності; ми використовували варіант, відповідний віку підлітків, які були залучені в досліді (12–15 років).

РЕЗУЛЬТАТИ

Для низькочастотних складових ЕЕГ (дельта-ритму) нормально чуючих хлопців і дівчат були характерними висока міжпівкульна когерентність згаданих коливань у лобовій парі відведень та наявність фокальної області когерентності в тім'яно-потиличних зонах кори (комбінації міжпівкульових та внутрішньопівкульових зв'язків). В умовах дії когнітивно-

го тест-навантаження загальна кількість когерентних зв'язків дельта-активності в корі нормально чуючих хлопців не змінювалась. У дівчат під час виконання тесту даний показник збільшувався ($P < 0.05$) за рахунок появи в обох півкулях додаткових значущих внутрішньопівкулевих зв'язків (рис. 1, А).

Приглухуваті хлопці та дівчата в умовах функціонального спокою відрізнялися від нормально чуючих більшою кількістю пар відведень із високими значеннями КК дельта-коливаний (> 0.50). Для підлітків із вадами слуху також були характерними висока когерентність цих осциляцій у лобових відведеннях та тим'яно-потиличний фокус інтенсивних когерентних зв'язків, але до цього додавалися вну-

трішньопівкулеві зв'язки. У приглухуватих дівчат різниця в кількості пар відведень із високими КК у стані спокою досягала рівня вірогідності ($P < 0.05$).

У приглухуватих хлопців під час виконання тесту відбувалося незначне зменшення загальної кількості пар відведень із високими та значущими дельта-КК, але проявлялася значуща когерентність дельта-коливаний у симетричній міжпівкулевій скроневої парі. У групі приглухуватих дівчат зменшення загальної кількості пар ЕЕГ-відведень із високою та значущою когерентністю коливаний дельта-діапазону відбувалось істотніше, ніж у хлопців. Це стосувалося кількості як міжпівкулевих, так і внутрішньопівкулевих когерентних зв'язків дельта-коливаний ($P < 0.05$), причому тим'яно-потиличний

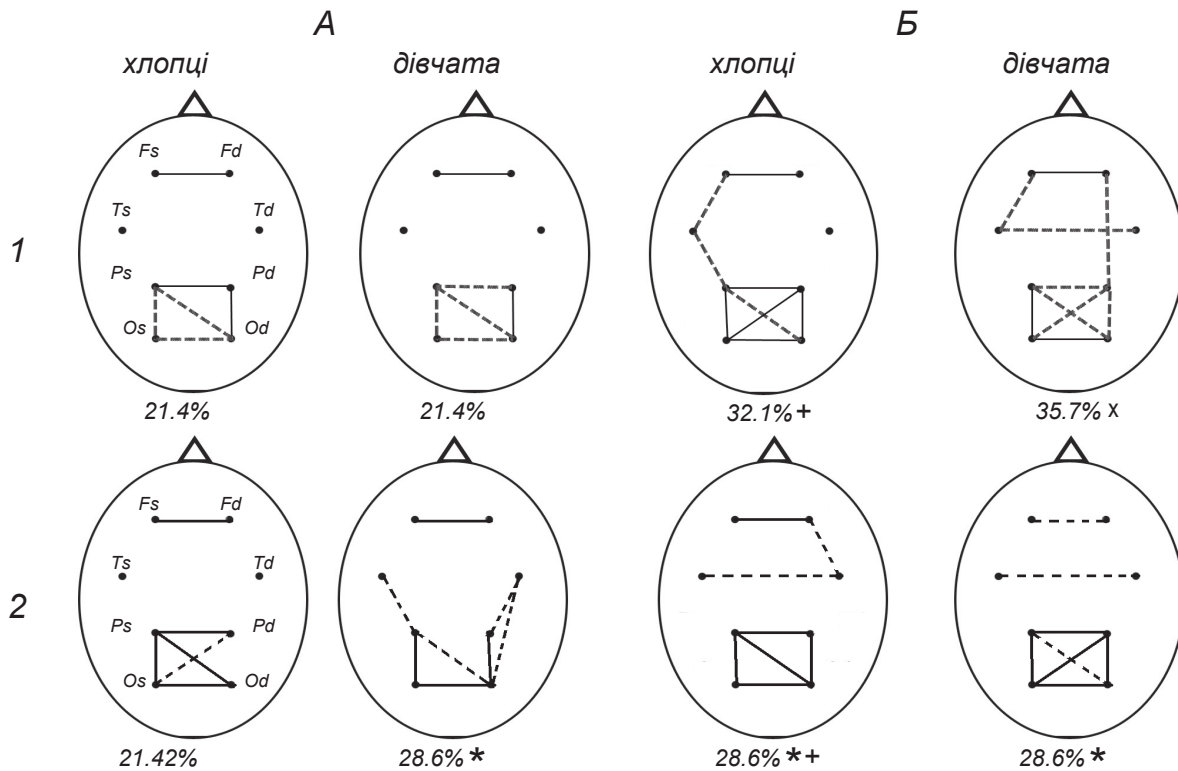


Рис. 1. Просторова організація когерентності коливаний дельта-ритму в нормально чуючих (А) та приглухуватих (Б) підлітків у стані функціонального спокою (1) та під час дії когнітивного навантаження (2).

Пунктирними та суцільними лініями позначені зв'язки між локусами відведення (правими та лівими – d та s – лобовими – Fr, скроневи – T, тим'яними – P та потиличними – O) зі значущими та високими рівнями когерентності (коефіцієнт когерентності 0.51–0.70 та 0.71–1.0 відповідно). Під схемами наведені частки (%) зв'язків зі значущими рівнями когерентності (> 0.50) щодо кількості всіх можливих комбінацій зв'язків ($N = 28$), прийнятої за 100 %. Зірочками позначені випадки вірогідної різниці при порівнянні показників під час виконання тестів із такими в стані функціонального спокою в межах однієї досліджуваної групи, прямими хрестиками – випадки вірогідних різниць при порівнянні показників у хлопців різних груп в одному і тому ж функціональному стані, навкісними хрестиками – випадки таких різниць при порівнянні показників у дівчат різних груп.

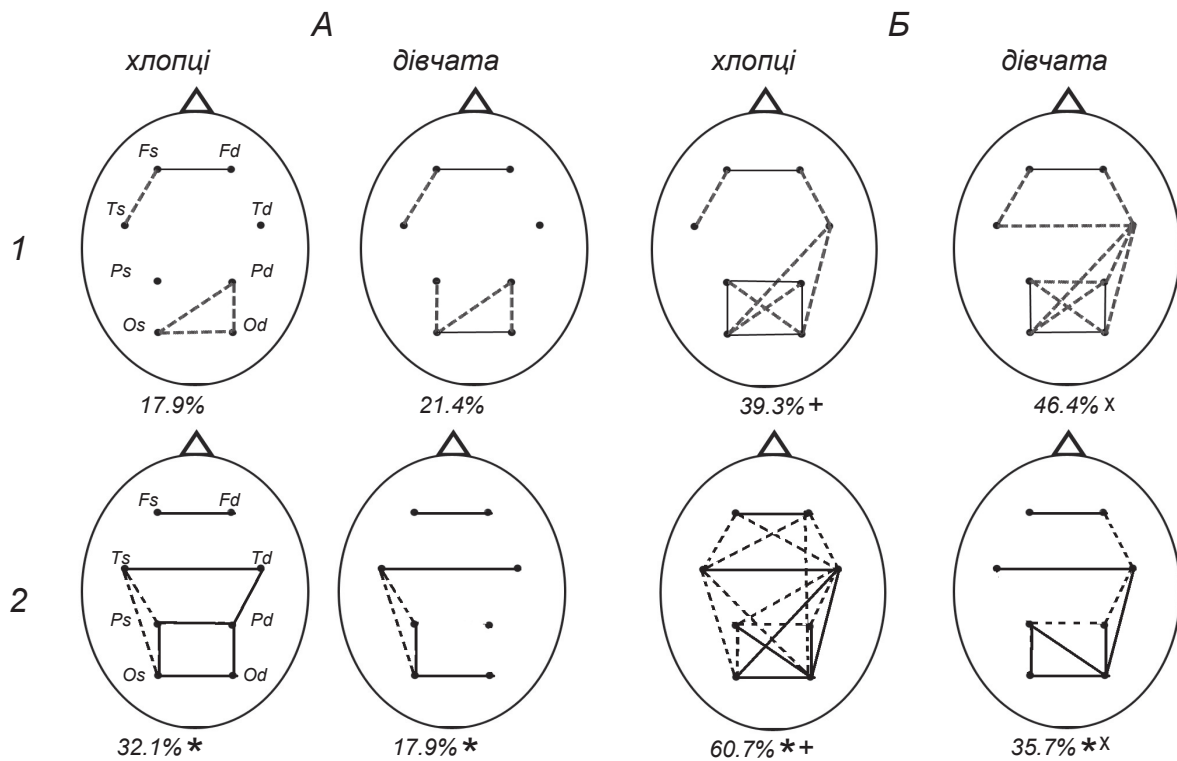


Рис. 2. Просторова організація когерентності коливань тета-ритму в нормально чуючих і приглухуватих підлітків. Позначення такі ж самі, що й на рис. 1.

фокус когерентності дельта-активності і у приглухуватих хлопців, і у дівчат даної групи в цілому зберігався (рис. 1, Б).

У нормально чуючих хлопців та дівчат у стані функціонального спокою кількість пар відведень із значною ($КК > 0.50$) когерентністю коливань тета-діапазону була досить обмеженою. Виконання завдань тесту призводило у хлопців до значного збільшення кількості випадків когерентності згаданих коливань. У дівчат же загальна кількість таких зв'язків залишалася без змін. Слід, проте, відмітити, що й у хлопців, і у дівчат із нормальним слухом помітно посилювалася когерентність тета-активності в симетричних парах відведень у двох півкулях (рис. 2, А).

Приглухуваті хлопці та дівчата в стані спокою характеризувалися значно більшою кількістю пар ЕЕГ-відведень із доволі високими значеннями $КК$ у тета-діапазоні. Просторовий розподіл таких зв'язків у згаданих умовах продемонстрував наявність тім'яно-потиличної фокальної області когерентності тета-коливань, майже аналогічної описаній

вище для осциляцій дельта-діапазону. Слід також вказати, що й у хлопців, і у дівчат із вадами слуху існував ще один фокус когерентності – у правому скроневому відведенні. Виконання завдань тесту приглухуватими хлопцями призводило до значного (в півтора разу) збільшення кількості пар відведень із значущими та високими рівнями когерентності тета-активності. Частка таких пар перевищувала 60 % кількості можливих варіантів (прийнятої за 100 %). Фокус когерентності тета-осциляцій у правій скроневій зоні кори в хлопців під час когнітивного навантаження ставав значно виразнішим. У приглухуватих дівчат, навпаки, кількість пар відведень тета-активності з $КК > 0.50$ в умовах виконання тесту ставала дещо меншою (за рахунок зменшення числа як міжпівкулевих, так і внутрішньопівкулевих когерентних зв'язків). При цьому симетричні міжпівкулеві зв'язки зі значними $КК$ у таких дівчат, як і у хлопців, у цілому зберігалися (і навіть дещо посилювалися) (рис. 2, Б).

Просторовий розподіл когерентних зв'язків коливань альфа-ритму в нормально чуючих хлопців

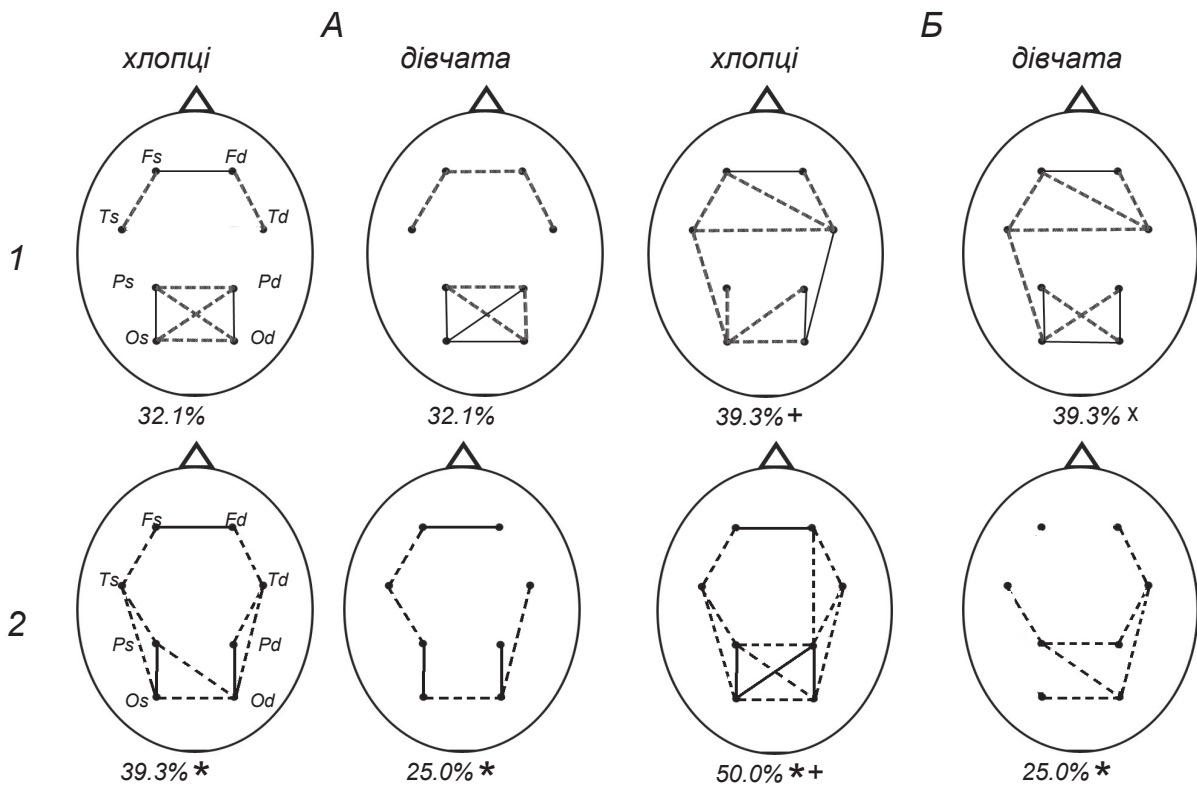


Рис. 3. Просторова організація когерентності коливань альфа-ритму в нормально чуючих і приглухуватих підлітків. Позначення такі ж самі, що й на рис. 1.

та дівчат у стані функціонального спокою був дуже подібним. Тут знову треба вказати на наявність вираженої тім'яно-потиличної області когерентності та симетричної пари у фронтальній корі. До цього слід додати, що значущий рівень когерентності спостерігався в обох лобово-скроневих парах відведень. В умовах дії когнітивного навантаження у нормально чуючих хлопців та дівчат просторовий розподіл когерентних зв'язків альфа-активності істотно змінювався. Зв'язки в тім'яно-потиличній зоні ставали в цілому менш виразними. У хлопців, проте, когнітивне навантаження призводило до появи значущої когерентності в потилично-скроневих та тім'яно-скроневих парах відведень. У нормально чуючих дівчат у згаданих умовах кількість таких «продольних» внутрішньопівкулевих зв'язків для альфа-активності в цілому зменшувалася, що зумовлювало певне зменшення загальної кількості пар відведень зі значними КК (рис. 3, А). У приглухуватих хлопців та дівчат у стані спокою розподіл когерентних зв'язків в альфа-діапазоні характеризувався присутністю не тільки тім'яно-потиличної

«когерентної області», але й дещо подібної зони у лобово-скроневих областях, з наявністю як симетричних міжпівкулевих зв'язків, так і внутрішньопівкулевих. Загальна кількість пар відведень із значними КК коливань альфа-діапазону в приглухуватих хлопців та дівчат у стані спокою дещо перевищувала аналогічні показники у підлітків із нормальним слухом.

Поява когнітивного навантаження призводила в приглухуватих хлопців до вірогідного збільшення кількості пар відведень зі значними КК альфа-осциляцій. Когерентність цих коливань у скроневій парі відведень зменшувалася, але рівні когерентності в тім'яно-потиличній зоні збільшувалися. Збільшувалася також кількість внутрішньопівкулевих когерентних зв'язків. У приглухуватих дівчат ефект дії когнітивного навантаження виявився значною мірою відмінним. Когерентність альфа-коливань у симетричних лобових та скроневих парах переставала перевищувати значущий рівень; тім'яно-потилична «когерентна область» до певної міри руйнувалася. Ці зміни призводили до того, що загальна кількість

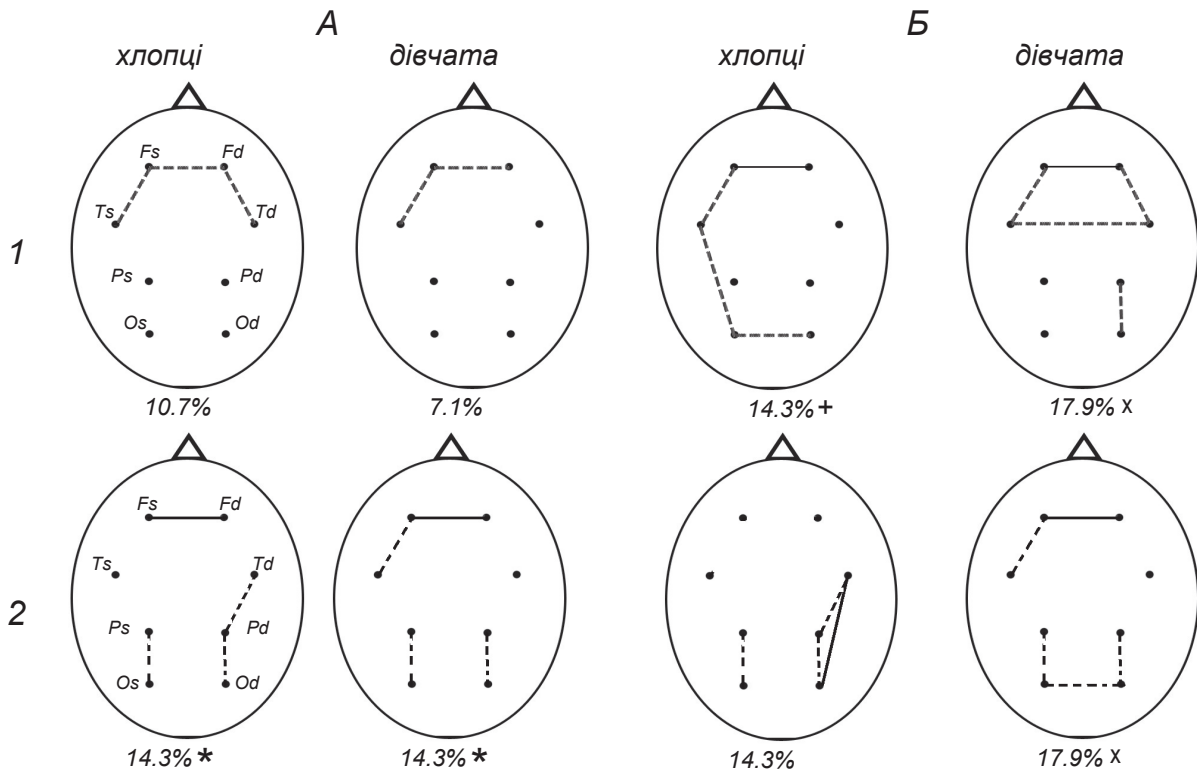


Рис. 4. Просторова організація когерентності коливань бета-ритму в нормально чуючих і приглухуватих підлітків. Позначення такі ж самі, що й на рис. 1.

пар відведень зі значними рівнями КК (> 0.50) альфа-активності у приглухуватих дівчат в умовах виконання тесту зменшувалася майже вдвічі.

Кількість пар відведень зі значними рівнями когерентності бета-активності в обох обстежених групах підлітків була в цілому помітно меншою, ніж відповідні показники для ЕЕГ-активності інших частотних діапазонів. У нормально чуючих хлопців у стані функціонального спокою виявилися тільки три такі пари, а в дівчат – дві. Всі вони розташовувалися в передній половині кортексу; й у хлопців, і в дівчат до числа таких зв'язків входила симетрична пара фронтальних відведень. Виконання тест-завдання призводило й у хлопців, і в дівчат із нормальною слуховою функцією до деякого збільшення кількості когерентних зв'язків бета-осциляцій. При цьому ставав вищим рівень когерентності в лобовій міжпівкулевій парі та з'являлися значущі внутрішньопівкулеві зв'язки в тім'яно-потиличній зоні (рис. 4, А).

У приглухуватих хлопців і дівчат кількість пар

відведень із когерентною бета-активністю в стані спокою теж була досить обмеженою, хоча й вищою, ніж у нормально чуючих підлітків. Виконання когнітивного тест-завдання приглухуватими хлопцями та дівчатами не призводило до зміни нормованої загальної кількості пар відведень зі значними КК, але просторова організація таких зв'язків помітно змінювалась. У хлопчиків із розладами слуху зникала висока когерентність у фронтальній парі відведень (у дівчат такий зв'язок зберігався). Натомість посилювалися когерентні зв'язки бета-активності в задніх відділах кори – тім'яно-потиличній області (рис. 4, Б).

Отже, основними результатами нашого дослідження є, насамперед, виявлення певної загальної тенденції в просторових картинах когерентних зв'язків різних частотних компонентів ЕЕГ у стані функціонального спокою. Як правило, загальна кількість пар відведень зі значущим і високим рівнями когерентності в підлітків із вадами слуху в даних умовах була помітно більшою, ніж у хлоп-

ців і дівчат із нормальним слухом, причому в ряді випадків подібні міжгрупові різниці перевищували рівень статистичної вірогідності. Вказана вище різниця була особливо чітко вираженою в ЕЕГ-коливань тета- та альфа-ритмів (рис. 2 та 3). Слід відмітити, що в обох обстежених групах підлітків, причому і в хлопців, і в дівчат, були тією або іншою мірою вираженими наявність значної когерентності у фронтальній парі відведень та просторовий фокус когерентних зв'язків у тім'яно-потиличній зоні. Останній формувався за рахунок симетричних міжпівкулевих тім'яних та потиличних пар відведень, перехресних асиметричних тім'яно-потиличних міжпівкулевих пар та внутрішньопівкулевих «повздовжніх» пар. В усякому разі в значній частині згаданих пар когерентність дельта-, тета- та альфа-ЕЕГ-коливань відповідала значущому та/або високому рівню. В умовах дії когнітивного тест-навантаження фокус когерентності згаданих ритмів у тім'яно-потиличній області кори звичайно ставав виразнішим; виключення становило лише певне «розмивання» цього фокуса щодо альфа-ритму в приглухуватих дівчат (рис. 3, Б).

Ще одним характерним феноменом, що спостерігався в нашому дослідженні, була наявність досить чіткого фокуса когерентності коливань тета-частоти в правій скроневій зоні приглухуватих підлітків. У хлопців даної групи в цьому фокусі «збігалися» когерентні зв'язки тета-осциляцій із трьома просторово віддаленими локусами відведень, а у дівчат – із п'ятьма. В умовах дії когнітивного навантаження такий фокус у хлопців ставав значно виразнішим: тета-активність у вказаному фокусі демонструвала значущий або високий рівень когерентності з тета-коливаннями в сімох просторово віддалених кортикальних локусах. У дівчат такої «концентрації» когерентності тета-ритму в згаданій правій скроневій зоні не спостерігалось, але все ж значуща та висока когерентність зберігалась для чотирьох пар відведень, котрі включали в себе вказаний правий скроневий локус.

Отже, у хлопців обох досліджуваних груп вплив когнітивного навантаження звичайно відбивався у певному посиленні внутрішньопівкулевих зв'язків із високими значеннями КК для коливань тета- та альфа-діапазонів. Підвищувалася загальна нормована кількість таких зв'язків та кількість симетричних пар відведень (виключно для коливань тета-діапазону). У дівчат обох груп картина була відмінною. Дія когнітивного навантаження при-

зводила до зменшення загальної кількості пар відведень із високою когерентністю тета- та альфа-осциляцій, включаючи внутрішньопівкулеві (для альфа-ритму) та асиметричні міжпівкулеві зв'язки. Таким чином, впливи когнітивного навантаження на просторову організацію когерентних зв'язків більшості частотних діапазонів ЕЕГ демонстрували певну гендерну специфіку; це, мабуть, є другим основним результатом нашого дослідження.

Слід констатувати, що у хлопців обох досліджуваних груп в умовах посилення когнітивної активності спостерігалась явно потужніша генералізація когерентності тета- та альфа-осциляцій майже по всій поверхні головного мозку. Цей факт вказує на помітну інтенсифікацію взаємодії просторово розділених структур кори в згаданих умовах; особливо яскраво даний феномен проявлявся щодо тета-активності, реєстрованої в приглухуватих хлопців. У дівчат же обох досліджуваних груп спостерігалась локальніша взаємодія структур кори під час виконання тесту (наприклад, певне зменшення міжпівкульної взаємодії альфа-активності). Для дівчат з нормальним станом слухової системи було характерним деяке посилення синхронності/синфазності ЕЕГ-активності, зокрема в межах півкуль. Отримані нами результати щодо внутрішньопівкульної синхронізації альфа-ритму головного мозку як у нормально чуючих підлітків, так і у приглухуватих хлопців певною мірою співпадають з результатами багатьох досліджень змін ЕЕГ в умовах дії когнітивних навантажень [8–10]. Зокрема, в таких умовах у приглухуватих хлопців збільшувалась кількість внутрішньопівкулевих пар відведень із високою когерентністю найбільш низькочастотних (дельта-) ЕЕГ-осциляцій порівняно з відповідним показником у нормально чуючих хлопців. У приглухуватих же дівчат була більшою кількістю міжпівкулевих зв'язків у дельта-діапазоні порівняно з відповідним показником у дівчат із нормальним слухом.

Специфіка та зміни просторової картини когерентності коливань тета-діапазону, вірогідно, заслуговують на особливу увагу. Вважають, що зміни в організації тета-ритму мають певне відношення до здійснення розумових операцій. При цьому таке відношення, згідно з інтерпретацією низки дослідників [10–13], може бути не прямим, а опосередкованим, пов'язаним з енергетичним забезпеченням когнітивних процесів. Збільшення когерентності тета-осциляцій під час виконання тесту в приглуху-

ватих підлітків і організація скроневого фокуса когерентної тета-активності можуть бути пов'язаними в таких підлітків із істотним підвищенням енергетичних запитів головного мозку в умовах інтенсифікації процесу мислення (вищим, ніж відповідне збільшення у нормально чуючих підлітків).

Складається враження, що у нормально чуючих підлітків функціонування просторово розділених мозкових структур відбувається до певної міри незалежніше, ніж у приглухуватих підлітків. Утворення вираженого правопівкульного фокуса когерентних (синхронних/синфазних) тета-осциляцій у приглухуватих підлітків може бути пов'язане з необхідністю екстреного посилення такої активності в умовах, що вимагають задіяння широкої асоціативної нейромережі. Іншими словами, активація кори головного мозку під час когнітивного навантаження у таких підлітків стає більш генералізованою [14].

До певної міри локальніша активація нейронних структур кори у нормально чуючих підлітків узгоджується з положеннями теорії «нейронної ефективності» [13, 14]. Згідно з цією теорією, досить успішна діяльність нейронних структур кори може відбуватися в умовах певного зменшення ступеня активації кортикальних нейронів. Більш «узгальнена» активація структур неокортексту приглухуватих підлітків, вірогідно, пов'язана з менш ефективною діяльністю мозку в умовах когнітивного навантаження, котра зустрічається з більшими утрудненнями, ніж у нормально чуючих підлітків. Отримані нами дані в цілому узгоджуються з результатами низки психолого-педагогічних досліджень процесів мислення в осіб з вадами слуху [1, 2, 4]. Відповідні дані щодо просторової організації когерентності високочастотних компонентів ЕЕГ (бета-ритму) в умовах інтенсифікації розумової діяльності, очевидно, поки що не дають підстав для чітких висновків у даному аспекті. Це питання, мабуть, потребує подальшого вивчення.

Дані щодо інтенсивнішої генералізації (функціонального об'єднання) нейронних мереж просторово розділених зон кори у приглухуватих підлітків в умовах когнітивного навантаження, вірогідно, вказують на менш стійкі процеси концентрації збудження [13, 15, 16]. Скоріш за все, це призводить до меншої концентрації активної уваги у таких суб'єктів; даний висновок в цілому узгоджується з результатами наших попередніх досліджень [17].

Робота була проведена згідно з положеннями Хельсинкської Декларації (1975, пізніші редакції 1996–2013). Попередня письмова інформована згода була отримана від дітей, які брали участь у тестах, їх батьків та відповідальних осіб.

Автор даної статті – А. В. Шкуропат – підтверджує відсутність будь-яких конфліктів щодо комерційних або фінансових відносин, та відносин з організаціями або особами, котрі будь-яким чином могли бути пов'язані з дослідженням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Г. П. Бертень, Т. В. Розанова, “Клинико-психологическое изучение глухих детей со сложным дефектом”, *Дефектология*, № 4, 3-7 (1993).
2. О. М. Гасюк, *Взаємозв'язок психофізіологічних функцій з показниками серцево-судинної та респіраторної систем у дітей молодшого шкільного віку із слуховою депривацією*, Автореф. дис. ... канд. біол. наук, Київ (2004).
3. І. Випасняк, “Характеристика фізичного розвитку і фізичних якостей школярів із слуховою депривацією”, *Актуальні пробл. фіз. культури і спорту*, № 8/9, 93-97 (2005).
4. І. П. Колесник, “Визначення рівня соціалізації глухих старшокласників”, у кн.: *Педагогіка та психологія: спеціальні (Зб. наук. праць)*, Наук. світ, Київ (1999), с. 5-11.
5. М. Н. Фишман, “Функциональное состояние головного мозга детей с нарушениями слуха и трудностями формирования речевого обучения”, *Дефектология*, № 1, 3-8 (2003).
6. Л. А. Новикова, *Электрическая активность мозга при нарушениях дистантных рецепторов*, Автореф. дис. ... д-ра мед. наук, Москва (1965).
7. Р. И. Гоман, Н. О. Мачинский, “Анализ ритмических колебаний ЭЭГ альфа-диапазона в норме и при глубоком нарушении слуха”, *Физиология человека*, 9, № 1, 66-72 (1983).
8. Л. Р. Зенков, *Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): Руководство для врачей*, МЕДпрессинфо, Москва (2004).
9. Г. А. Щекутев, *Нейрофизиологические исследования в клинике*, Антидор, Москва (2001).
10. Р. И. Мачинская, Л. С. Соколова, Е. В. Крупская, “Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение II. Анализ когерентности альфа-ритма ЭЭГ”, *Физиология человека*, 33, № 2, 5-15 (2007).
11. Н. В. Дубровинская, Д. А. Фарбер, М. М. Безруких, *Психофизиология ребёнка*, Гуманит. издат. центр ВЛАДОС, Москва (2000).
12. Д. А. Фарбер, В. В. Алферова, *Физиология подростка*, Педагогика, Москва (1988).
13. С. Г. Данько, “Об отражения различных аспектов активации мозга в электроэнцефалограмме: что показывает количественная электроэнцефалография состояния покоя с открытыми и закрытыми глазами”, *Физиология человека*, 32, № 4, 5-17 (2006).

14. С. С. Швайко, “Особливості міжпівкулевих та внутрішньопівкулевих взаємодій кори у чоловіків у стані спокою та під час вирішення розумових завдань (когерентний аналіз)”, *Вісн. Донецьк. нац. ун-ту. Сер. А. Природн. науки*, № 2, 414-419 (2008).
15. E.-J. Speckmann and J. Walden, “Mechanisms underlying the generation of cortical field potentials,” *Acta Otolaringol., Suppl.* 491, 17-24 (1991).
16. F. H. Lopes da Silva, “Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks,” *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **79**, 81 (1991).
17. О. М. Гриндель, И. А. Воронина, И. Г. Воронов и др., “Изменения ЭЭГ в раннем послеоперационном периоде удаления опухолей базально-диэнцефальной локализации”, *Физиология человека*, **34**, № 1, 39-45 (2008).
18. А. В. Шкуропат, *Біоелектрична активність та кровообіг головного мозку приглухуватих підлітків*, Автореф. дис. ... канд. біол. наук, Херсон (2011).