

УДК 612.822.3

**ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ КОГЕРЕНТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ТЕТА-ДІАПАЗОНІ  
ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ ПІДЛІТКІВ ІЗ РІЗНИМ РІВНЕМ СИЛИ  
НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ КОГНІТИВНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ****А. Поручинський, Н. Желамська, Т. Поручинська***Волинський національний університет імені Лесі Українки**пр. Волі, 13, Луцьк 43025, Україна**e-mail: an-poruch@ukr.net*

Аналіз топографічного розподілу високих і значущих когерентних зв'язків показав, що при зростанні рівня сили нервових процесів (СНП) у стані спокою спостерігається тенденція до локалізації цих зв'язків, тоді як при вирішенні різних видів когнітивних завдань спостерігається зростання рівня когерентності та збільшення кількості зв'язків. Дослідження динаміки активаційних процесів при виконанні різних когнітивних завдань порівняно зі станом спокою у кожній із груп досліджуваних показало, що зі зростанням рівня СНП показники когерентності переважно зростають при переході зі стану спокою до виконання різних когнітивних завдань. Порівняння параметрів когерентних зв'язків при вирішенні когнітивних завдань виявило зростання показників когерентності в основному у передніх відділах кори мозку при переході із групи з низьким до групи зі середнім і далі – з високим рівнем СНП.

*Ключові слова:* сила нервових процесів, електрична активність мозку, когерентна взаємодія.

У сучасних умовах індивідуально-типологічні властивості основних нервових процесів вивчаються переважно в аспекті віково-статевих закономірностей [6]. Ці знання дають змогу вирішити цілу низку психолого-педагогічних проблем для індивідуалізації навчання, підбору ефективних методів навчання та виховання.

Підлітковий вік є одним із критичних періодів розвитку людини, що пов'язано з інтенсивною нейроендокринною перебудовою організму та специфікою психологічного розвитку в цьому віці. Саме тому дослідження електроенцефалографічних показників у осіб із різним рівнем сили нервових процесів даної вікової групи є актуальним.

Метою даної роботи є вивчення когерентних зв'язків тета-діапазону хвиль електроенцефалограми (ЕЕГ) між різними структурами кори головного мозку у підлітків з низьким, середнім і високим рівнями сили нервових процесів при вирішенні когнітивних завдань різного типу – математичних, вербальних, просторових.

Для досягнення поставленої мети використали різні підходи:

1. Аналізували топографічний розподіл високих і значущих когерентних зв'язків у тета-діапазоні хвиль ЕЕГ у кожній із груп досліджуваних.
2. Досліджували динаміку активаційних процесів (достовірних змін показників когерентності між основними макроструктурами кори головного мозку у тета-діапазоні ЕЕГ) при виконанні різних когнітивних завдань порівняно зі станом спокою із розплющеними очима у кожній із груп досліджуваних.
3. Порівнювали параметри когерентних зв'язків між групами досліджуваних із різним рівнем СНП.

Дослідили 38 здорових праворуких школярів чоловічої та жіночої статі середнього шкільного віку (12–14 років) – 15 хлопців і 23 дівчини.

Силу нервових процесів визначали за методикою М.В. Макаренка на приладі «Діагност-1». Обстеження сили нервових процесів проводили в режимі «зворотного зв'язку». Для переробки інформації використовували предметні подразники (фігури). СНП оцінювали за кількістю переробленої інформації досліджуваним за 5 хв роботи [7]. Методом сигмальних відхилень усіх обстежуваних осіб розподілили на три групи: з низьким, середнім і високим рівнями сили нервових процесів.

Біоелектричну активність кори головного мозку досліджували за допомогою апаратно-програмного комплексу „НейроКом” (Харків). При записі ЕЕГ активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20 у дев'ятнадцяти точках на скальпі голови: симетричних лобових (передньо-, задньо- та латерально-фронтальних), передніх і задніх скроневих, центральних, тім'яних, потиличних і сагітальних (фронтальній, центральній та парієтальній). Реєстрацію здійснювали монополярно, як референтні використовували вушні електроди, з метою поліпшення якості запису використовували додаткові референтні електроди. Для відстеження функціонального стану та реакції обстежуваного на стимули використовували систему відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. Реєстрували 60 с інтервали ЕЕГ. Для режекції ЕЕГ-артефактів використовували процедуру ІСА-аналізу.

Просторову організацію електричної активності кори великих півкуль визначали методом когерентного аналізу. Як відомо, когерентність є аналогом коефіцієнта кореляції, який використовується щодо окремих частот. Обчислення цієї функції свідчить про постійність фазових відношень, схожості чи синхронності потенціалів між двома ділянками, з яких вони відводяться. Постійність фазових відношень, тобто висока когерентність потенціалів, відображає тісний функціональний зв'язок між активністю досліджуваних ділянок головного мозку, функціональну та часову координацію [9].

Визначали середні значення когерентності електричної активності кори мозку в тета-діапазоні ЕЕГ. За величиною когерентності визначали рівень взаємодії структур мозку: до 0,30 – дуже слабкий, 0,31–0,50 – помірний, 0,51–0,70 – середній, 0,71–1,0 – високий.

Отримані дані обробляли методами варіаційної статистики з використанням параметричних і непараметричних критеріїв, порівнюючи середні величини. Під час статистичного аналізу даних використовували стандартні пакети програм Microsoft Excel та Statistica 6.0.

Аналіз топографічного розподілу високих і значущих когерентних зв'язків у тета-діапазоні хвиль ЕЕГ дав змогу виявити певні їх особливості у кожній із груп досліджуваних.

Так, у стані спокою з розплющеними очима в осіб із низьким рівнем СНП відзначене переважання симетричних внутрішньо- та міжпівкулевих когерентних зв'язків між задньо-лобовими, центральними і тім'яними структурами лівої та правої півкуль головного мозку (рис. 1). Виявлені також середні когерентні зв'язки між лобовими і центральними структурами лівої півкулі. У підлітків зі середнім рівнем СНП спостерігаються дещо вищий рівень когерентних зв'язків у цих же структурах, особливо у передніх відділах кори; при цьому спостерігається і більш симетричний їх просторовий розподіл. У осіб з високим рівнем СНП виявлені більш локальні зони високих і середніх когерентних зв'язків: у лобових, центральних та тім'яних структурах.

Таким чином, зі зростанням рівня СНП у підлітків у стані спокою з розплющеними очима спостерігається тенденція до локалізації зон високих і середніх когерентних зв'язків у тета-діапазоні хвиль ЕЕГ.

При виконанні математичних завдань у школярів із низьким рівнем СНП на рівні високих і середніх зареєстровано внутрішньо- та міжпівкулеві зв'язки між задньолобовими, центральними і тім'яними ділянками обох півкуль (рис. 1). У осіб зі середнім рівнем СНП спостерігається симетричний розподіл даних зв'язків у лобових, центральних і тім'яних частках кори головного мозку. У підлітків із високим рівнем СНП, як і в попередній групі досліджуваних, відзначено симетричність просторового розподілу когерентних зв'язків у цих же частках кори, причому спостерігається зростання тісноти взаємодії між лобовими і центральними ділянками з утворенням певних локальних зон – лобово-центральної та тім'яної.

Отже, при зростанні рівня СНП у підлітків під час виконання математичних завдань спостерігається зростання тісноти взаємодії лобових, центральних і тім'яних часток кори головного мозку.

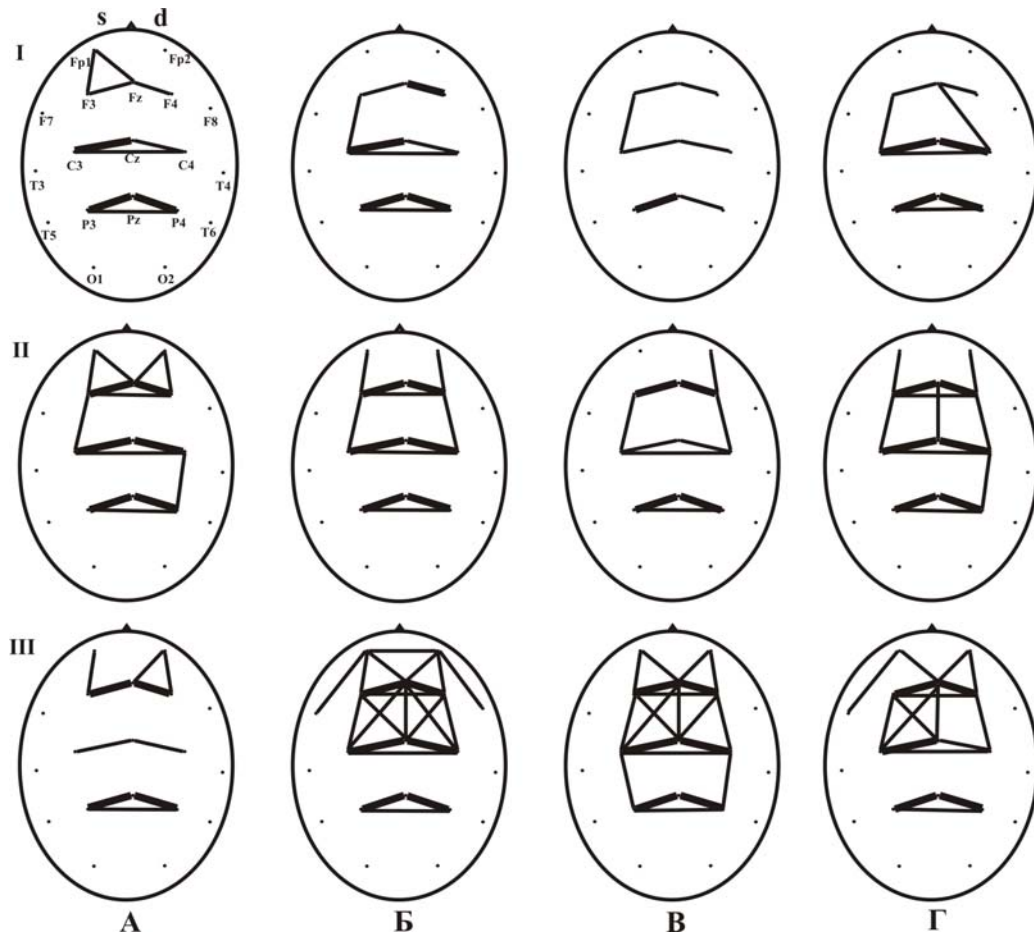


Рис. 1. Карти-схеми просторового розподілу когерентних зв'язків тета-діапазону ЕЕГ у стані функціонального спокою з розплющеними очима (А) та при вирішенні математичних (Б), вербальних (В) і просторових (Г) завдань у осіб із низьким (І), середнім (ІІ) і високим (ІІІ) рівнями сили нервових процесів: тонка лінія – середні зв'язки (0,51–0,70), товста лінія – високі зв'язки (0,71–1,0); s – ліва півкуля, d – права півкуля. F – лобові, С – центральні, Т – скроневі, Р – тім'яні, О – потиличні ділянки.

Згідно з деякими авторами, топографія центрів взаємодії при мислительній діяльності визначається характером мислительних операцій: так, конвергенція коркових зв'язків при образному мисленні відбувається у фокусах тім'яно-скроневої, а при абстрактному – у фокусах лобової кори [3].

Під час розв'язання вербальних завдань у осіб із низьким рівнем СНП відзначена незначна кількість високих і середніх когерентних зв'язків із незначним лівопівкулевым переважанням (див. рис. 1). Слід зазначити, що в даній групі досліджуваних на рівні високих чи середніх когерентностей не зареєстровано жодного міжпівкулевого зв'язка. У осіб зі середнім рівнем СНП спостерігається тісніша взаємодія у лобових та центральних ділянках. У даній групі спостерігається тенденція до утворення локальних зон взаємодії в межах лобно-центральної і тім'яної часток кори. У підлітків з високим рівнем СНП відзначено більш генералізовану взаємодію в межах «передній лоб – тім'я».

Отже, при виконанні вербальних завдань у підлітків зі зростанням СНП відзначається збільшення кількості когерентних взаємодій у тета-діапазоні ЕЕГ.

Функціональний сенс генералізованої форми просторової синхронізації біопотенціалів пов'язують із рівнем напруженості мозкових процесів [5], з мобілізацією усіх елементів системи, з включенням у неї надлишкових елементів [1]. Однак головною умовою для успішної мозкової діяльності є підсилення не дифузної, глобальної синхронізації, а локальної, що виникає у зонах, які «зацікавлені» у даному психічному акті [5].

При вирішенні просторових завдань у школярів із низьким рівнем СНП відзначено високі та середні когерентності у задньолобовій, центральній і тім'яній ділянках кори головного мозку (див. рис. 1). Слід зазначити, що тісніша взаємодія зареєстрована у центральних і тім'яних структурах. У осіб зі середнім рівнем СНП просторовий розподіл високих і значущих когерентних зв'язків характеризується більшою генералізованістю з незначною правопівкулевою асиметрією. У осіб із високим рівнем СНП спостерігається утворення двох локальних зон – лобно-центральної та тім'яної, причому в першій відзначено лівопівкулеве переважання високих і значущих когерентних зв'язків.

Отже, під час вирішення просторового завдання у осіб зі зростанням рівня СНП спостерігається зростання тісноти когерентної взаємодії різних структур мозку, а також зміщення щільності зв'язків від задніх до передніх відділів мозку.

Таким чином, аналіз топографічного розподілу високих і середніх когерентних зв'язків у тета-діапазоні хвиль ЕЕГ дав змогу виявити певні їх особливості у кожній із груп досліджуваних у різних тестових ситуаціях. При зростанні рівня СНП у стані спокою спостерігається тенденція до локалізації високих і середніх когерентних зв'язків, тоді як при рішенні різних видів когнітивних завдань спостерігається зростання рівня когерентності та збільшення кількості високих і значущих когерентних зв'язків, особливо у лобових частках лівої та правої півкуль кори головного мозку.

Сенс підвищення просторової синхронізації у якійсь корковій зоні полягає в мобілізації можливостей і ресурсів розташованих у цій зоні нервових популяцій, що забезпечує можливість цій зоні обробляти інформацію в максимальному обсязі й отримувати її (завдяки встановленню широких контактів з іншими зонами) з численних джерел [10].

Досліджуючи динаміку активаційних процесів (достовірних змін показників когерентності між основними макроструктурами кори головного мозку у тета-діапазоні ЕЕГ) при виконанні різних когнітивних завдань порівняно зі станом спокою із розплющеними очима у кожній із груп досліджуваних, ми виявили наступне.

Порівняння показників когерентності при вирішенні математичних завдань зі станом спокою з розплющеними очима показало, що у осіб із низьким рівнем СНП не відмічено достовірних змін у показниках когерентності та їх просторовому розподілі. У підлітків зі середнім рівнем СНП спостерігається достовірне ( $p < 0,05$ ) зростання показників когерентності у передніх відділах кори мозку (що охоплюють лобові та скроневі структури кори), та зниження цих параметрів у задніх відділах правої півкулі (центрально-тім'яно-потиличні частки). У осіб із високим рівнем СНП помітне значне достовірне зростання показників когерентності, причому топографічно таке зростання є досить компактним і локалізується у лобово-центрально-скроневих структурах (з певних переважанням лівої півкулі).

При порівнянні показників когерентності при вирішенні вербальних завдань зі станом спокою з розплющеними очима слід визначити, що у осіб із низьким рівнем СНП відзначено достовірне ( $p < 0,05$ ) зниження між задньолобововими, центральними, скроневиими татім'яними ділянками, причому більшою мірою у структурах лівої півкулі. У осіб зі середнім рівнем СНП спостерігається зростання взаємодії між лівою передньолобововою та правою задньоскроневою ділянками та зниження зв'язків у лобовій ділянці (між передніми та задніми лобовими відведеннями). У осіб із високим рівнем СНП відзначено зростання когерентних взаємодій у лобових, центральних ітім'яних структурах мозку з переважанням цих змін у лівій півкулі.

Зниження середнього рівня когерентності більшістю авторів трактується як зниження функціональної активності мозкових утворень [4].

Порівняння показників когерентності при вирішенні просторових завдань зі станом спокою з розплющеними очима показало, що у осіб із низьким рівнем СНП спостерігається зниження когерентностей у задніх відділах правої півкулі (зокрема, між скроневиими та потиличними ділянками). У осіб зі середнім рівнем СНП відмічено достовірне ( $p < 0,05$ ) зростання тісноти взаємодії правої задньоскроневої ділянки з різними структурами центральної татім'яної часток кори головного мозку, а також достовірне зниження когерентної взаємодії між потиличною татім'яною ділянками правої півкулі. У осіб із високим рівнем СНП встановлено зростання тісноти когерентної взаємодії у передніх відділах мозку (в основному лобові та центральні ділянки) з переважанням достовірних змін між структурами лівої півкулі.

Таким чином, досліджуючи динаміку активаційних процесів (достовірних змін показників когерентності між основними макроструктурами кори головного мозку у тета-діапазоні ЕЕГ) при виконанні різних когнітивних завдань порівняно зі станом спокою з відкритими очима у кожній із груп досліджуваних, виявили, що зі зростанням рівня СНП показники когерентності також переважно зростають при переході зі стану спокою до виконання різних когнітивних завдань. Зважаючи на відомості літератури [2], можемо припустити, що з підвищенням рівня СНП виконання когнітивних завдань у підлітків супроводжується підсиленням процесів синхронізації у коркових структурах мозку при взаємодії з активуючими системами стовбура.

Результати нашого дослідження частково підтверджують уже існуючі про обов'язкову участь потиличних,тім'яних і скроневих структур правої півкулі у здійсненні зорово-просторової діяльності [11].

Окрім того, відомо, що виконання просторово-образних завдань супроводжується збільшенням синхронізації як коркових, так і підкоркових зв'язків з включенням великої кількості структур мозку [2].

При порівнянні параметрів когерентних зв'язків між групами досліджуваних із різним рівнем СНП виявили наступне. При вирішенні математичних завдань відзначається зростання показників когерентності при переході із групи з низьким до групи зі

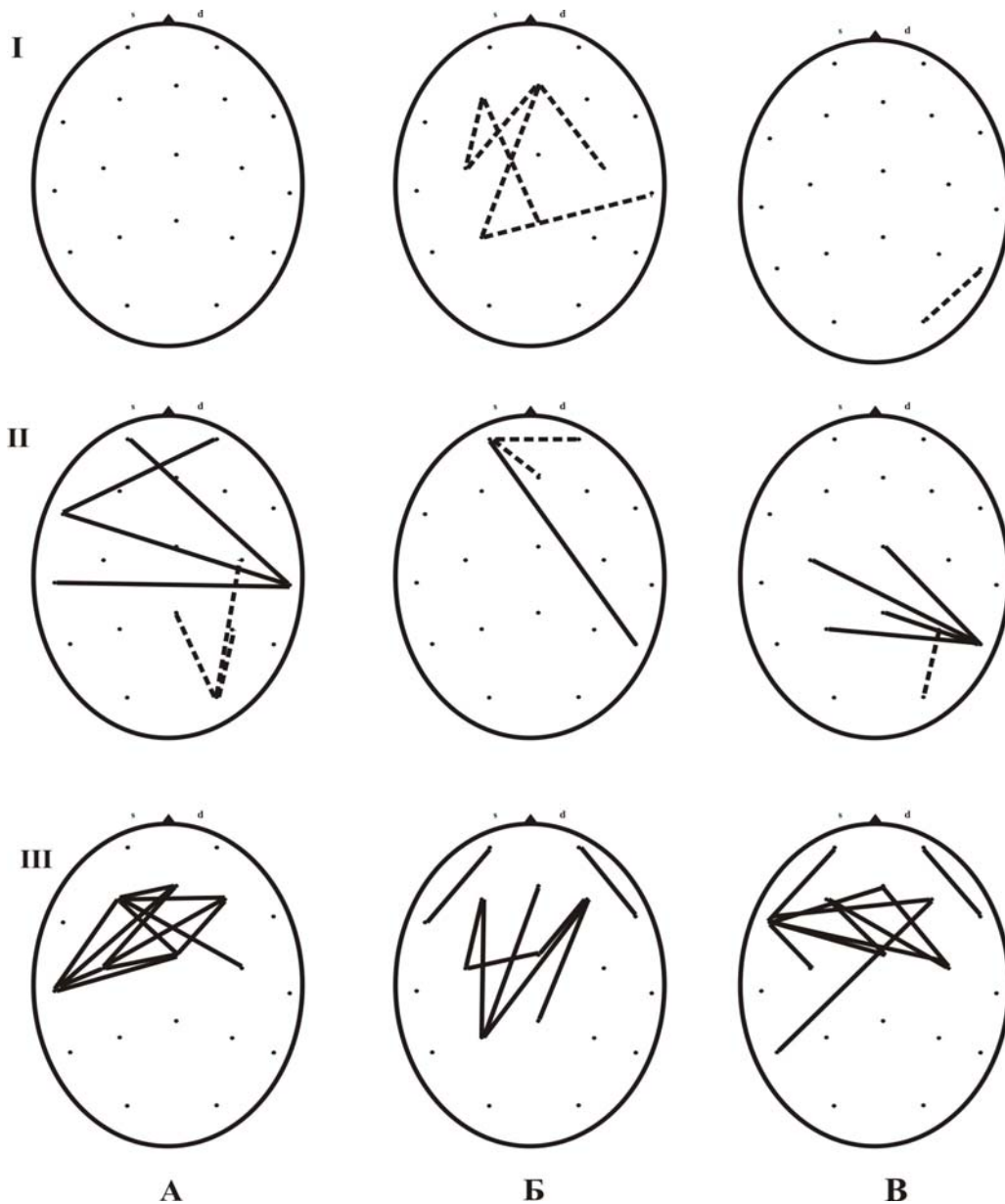


Рис. 2. Достовірні зміни ( $p < 0,05$ ) когерентних зв'язків у тета-діапазоні ЕЕГ підлітків із низьким (I), середнім (II) та високим (III) рівнями сили нервових процесів під час виконання когнітивних завдань різного характеру порівняно зі станом функціонального спокою з розплющеними очима: А – математичне, Б – вербальне, В – просторове завдання. Суцільна лінія – зростання, пунктирна лінія – зниження.

середнім, а далі – з високим рівнем СНП. При цьому топографічно таке зростання поступово переміщується у передні структури кори головного мозку. При виконанні вербальних завдань при переході від групи з низьким до групи з високим рівнем СНП спостерігається зміщення зростання від структур правої до структур лівої півкулі мозку. При вирішенні просторових завдань, порівнюючи групи з різним рівнем СНП, спостерігається переміщення змін від задніх у передні відділи мозку при переході від осіб із низьким, середнім і високим рівнями СНП.

Таким чином, при порівнянні параметрів когерентних зв'язків у тета-діапазоні хвиль ЕЕГ між групами досліджуваних із різним рівнем СНП виявили зростання показників когерентності в основному у передніх відділах кори мозку при переході із групи з низьким до групи зі середнім і далі – з високим рівнем СНП при рішенні різних типів когнітивних завдань.

Аналіз топографічного розподілу високих і середніх когерентних зв'язків у тета-діапазоні хвиль ЕЕГ дав змогу виявити певні їх особливості у кожній із груп досліджуваних у різних тестових ситуаціях. При зростанні рівня СНП у стані спокою спостерігається тенденція до локалізації високих і середніх когерентних зв'язків, тоді як при вирішенні різних видів когнітивних завдань спостерігається зростання рівня когерентності та збільшення кількості високих і середніх когерентних зв'язків, особливо у лобових частках лівої та правої півкулі кори головного мозку. Таке підвищення когерентності у передніх відділах кори деякі дослідники пов'язують із вищим рівнем когнітивної активності [8].

Дослідження динаміки активаційних процесів (достовірних змін показників когерентності між основними макроструктурами кори головного мозку у тета-діапазоні ЕЕГ) при виконанні різних когнітивних завдань порівняно зі станом спокою з відкритими очима у кожній із груп досліджуваних показало, що зі зростанням рівня СНП показники когерентності також переважно зростають при переході зі стану спокою до виконання різних когнітивних завдань. Очевидно, з підвищенням рівня СНП виконання когнітивних завдань у підлітків супроводжується підсиленням процесів синхронізації у коркових структурах мозку при взаємодії з активуючими системами стовбура мозку.

Порівняння параметрів когерентних зв'язків у тета-діапазоні хвиль ЕЕГ між групами досліджуваних із різним рівнем СНП виявило зростання показників когерентності в основному у передніх відділах кори мозку при переході із групи з низьким до групи зі середнім і далі – з високим рівнем СНП при вирішенні різних типів когнітивних завдань.

1. Баранова Т. И. Электроэнцефалографическая характеристика функциональных резервов мозга при ситуационной деятельности спортсменов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб.: Ин-т физиологии им. И.П. Павлова, 1993. 16 с.
2. Жаворонкова Л. А., Лаврова Т. П., Белостоцкий А. В. и др. Пострадиационные нарушения регионарно-частотных характеристик когерентности ЭЭГ при когнитивной деятельности (последствия аварии на Чернобыльской АЭС) // Журн. высш. нервн. деят. 2006. Т. 56. № 2. С. 193–201.
3. Иванецкий А. М. Синтез информации в ключевых отделах коры как основа субъективных переживаний // Журн. высш. нервн. деят. 1997. Т. 27. Вып. 2. С. 209.
4. Ливанов М. Н. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга / Избр. труды. М.: Наука, 1989. 400 с.

5. Ливанов М. Н., Свидерская Н. Е. Психологические аспекты феномена пространственной синхронизации потенциалов // Психол. журн. 1984. Т. 5. № 5. С. 71–83.
6. Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. К., 2001. 29 с.
7. Макаренко М. В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методику вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних Сил України. К., 2006. 395 с.
8. Русалова М. Н. Уровни сознания и уровни активации // Журн. высш. нервн. деят. 1990. Т. 40. № 6. С. 1097–1103.
9. Свидерская Н. Е., Королькова Т. А. Пространственная организация электрических процессов мозга: проблемы и решения // Журн. высш. нервн. деят. 1997. Т. 47. № 5. С. 792.
10. Свидерская Н. Е., Королькова Т. А., Тишанинова Л. В. Поля повышенной активности: электрофизиологические корреляты // Журн. высш. нервн. деят. 1993. Т. 43. Вып. 6. С. 1080–1087.
11. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л.: Наука, 1990. 203 с.

**SPATIAL DISTRIBUTING OF COHERENT CONNECTIONS IN THETA BAND OF EEG OF TEENAGERS WITH DIFFERENT LEVEL OF STRENGTH OF NERVOUS PROCESSES DURING COGNITIVE ACTIVITY**

**A. Poruchinskiy, N. Zhelamska, T. Poruchinska**

*Lesya Ukrainka Volyn National University  
13, Volya Ave., Lutsk 43025, Ukraine  
e-mail: an-poruch@ukr.net*

The analysis of the topographical distributing of high and meaningful coherent connections rotined that at growth of level of strenght of nervous processes (SNP) in a spacehold was observed tendency to localization of these connections, while at the decision of different types of cognitive tasks, there is growth of level of coherentness and increase of amount of connections. Research of dynamics of activating processes at implementation of different cognitive tasks comparatively with a spacehold in each of groups probed, rotined that with growth of level of SNP the indexes of coherentness mainly grow in transition from a spacehold to implementation of different cognitive tasks. Comparison of parameters of coherent connections during the decision of cognitive tasks revealed out growth of indexes of coherentness mainly in the front departments of cortex in transition from a group with low, to the group with middle, and farther – by the high level of SNP.

*Key words:* strength of nervous processes, electric activity of brain, coherent interation.



**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОГЕРЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ В  
ТЕТА-ДИАПАЗОНЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПОДРОСТКОВ С  
РАЗНЫМ УРОВНЕМ СИЛЫ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ  
ПРИ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**А. Поручинский, Н. Желамская, Т. Поручинская**

*Волынский национальный университет имени Леси Украинки  
пр. Воли, 13, Луцк 43025, Украина  
e-mail: an-poruch@ukr.net*

Анализ топографического распределения высоких и средних когерентных связей показал, что при росте уровня силы нервных процессов (СНП) в состоянии покоя наблюдается тенденция к локализации этих связей, тогда как при решении разных видов когнитивных заданий, наблюдается рост уровня когерентности и увеличения количества связей. Исследование динамики активационных процессов при выполнении разных когнитивных заданий сравнительно с состоянием покоя в каждой из групп исследуемых показало, что с ростом уровня СНП показатели когерентности преимущественно возрастают при переходе из состояния покоя к выполнению различных когнитивных заданий. Сравнение параметров когерентных связей при решении когнитивных заданий обнаружило рост показателей когерентности в основном в передних отделах коры мозга при переходе из группы с низким к группе со средним и дальше – с высоким уровнем СНП.

*Ключевые слова:* сила нервных процессов, электрическая активность мозга, когерентное взаимодействие.

Стаття надійшла до редколегії 12.01.09  
Надійшла після доопрацювання 30.03.09  
Прийнята до друку 31.03.09