

УДК: 612.821-005

Статеві особливості потужності θ -ритму електроенцефалограми під час сприйняття й мануального відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів у людини

А.Г.Моренко, О.С.Павлович

*Волинський національний університет ім. Лесі Українки (Україна, Луцьк)
alevmore@gmail.com, pos-bio@mail.ru*

Дослідили 50 чоловіків та 50 жінок з правобічним профілем мануальної та слухової асиметрії. Показником інформаційних процесів вважали потужність тета-ритму ЕЕГ у стані функціонального спокою (фон); під час слухового сприйняття й мануального відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів пальцями кисті правої та лівої рук. У чоловіків встановлена тенденція до більшої внутрішньої концентрації, напруженості, що проявлялась зниженням уваги до зовнішнього середовища. Виявлена закономірність посилювалась зі збільшенням складності звуковисотної та гармонійної структури ритмічних патернів та під час відтворення завдань лівою рукою. Коркові активаційні процеси в чоловіків у частотній смузі θ -ритму ЕЕГ були у більшій мірі асиметричними, ніж у жінок. Натомість жінкам була притаманна менша зосередженість при виконанні завдань і більша зверненість до зовнішніх стимулів, мисленнєвого уявлення власних рухів.

Ключові слова: *кора головного мозку, ЕЕГ, потужність, тета-ритм, статеві відмінності, відчуття ритму, моно- і поліфонічні ритмічні патерни, сенсомоторна діяльність.*

Половые особенности мощности θ -ритма электроэнцефалограммы при восприятии и мануальном воспроизведении моно- и полифонических ритмических паттернов у человека

А.Г.Моренко, О.С.Павлович

Исследовали 50 мужчин и 50 женщин с правосторонним профилем мануальной и слуховой асимметрии. Показателем информационных процессов считали мощность тета-ритма ЭЭГ в состоянии функционального покоя (фон); слухового восприятия и мануального воспроизведения моно- и полифонических ритмических паттернов пальцами кисти правой и левой рук. У мужчин установлена тенденция к большей внутренней концентрации, напряженности, что проявлялось снижением внимания к внешней среде. Выявленная закономерность усиливалась с увеличением сложности звуковисотной и гармоничной структуры ритмических паттернов и при воспроизведении задач левой рукой. Кортикальные активационные процессы у мужчин в частотной полосе θ -ритма ЭЭГ были в большей мере асимметричными, чем у женщин. Зато женщинам была присуща меньшая сосредоточенность при выполнении заданий и большая обращенность к внешним стимулам мыслительного представления собственных движений.

Ключевые слова: *кора головного мозга, ЭЭГ, мощность, тета-ритм, половые различия, чувство ритма, моно- и полифонические ритмические паттерны, сенсомоторная деятельность.*

Electroencephalogram power's sexual features of θ -rhythm during perception and manual play of mono and polyphonic rhythmic patterns in human

А.Н.Morenko, O.S.Pavlovych

50 men and 50 women with right-bank account of manipulation and auditory asymmetry have been studied. Power of EEG theta rhythm in the functional state of rest (background), during auditory perception and manual playback of mono and polyphonic rhythmic patterns by fingers of left and right hands has been considered as the indicator of information processes. Men have demonstrated a trend towards greater internal concentration, intensity that appeared in decrease of attention to the environment. This regularity enhanced with increasing complexity of tone-harmonic structures of rhythmic patterns and during playback with left hand. Brain activation processes in men in the frequency band of EEG θ -rhythm were more asymmetrical than in women. Instead, women have been characterized by less focused attention in the performance of tasks and had a higher level of response to external stimuli of the cognitive representation of their own movements.

Key words: *cortex, EEG, power, theta rhythm, sex differences, sense of rhythm, mono and polyphonic rhythmic patterns, sensomotor activity.*

Вступ

Реалізація «відчуття ритму», як слухомоторного процесу, передбачає скоординовані взаємодії периферійного та центрального відділів слухової та моторної систем (Лурія, 2000; Теплов, 2003; Монахова, 2007; Базанова, Штарк, 2007). Виконання (відбиття) ритмів за слуховим взірцем, на думку Лурії (2000), є комплексною діяльністю, що передбачає, перш за все, слуховий аналіз запропонованої ритмічної структури і її «перекодування» на серію послідовних рухів. При цьому слухова перцепція відображає часові особливості діючого подразника: його тривалість, ритмічний характер тощо. Рухові відчуття забезпечують досить точне відображення дійсності, швидкості і послідовності явищ (Марютина, Ермолаєв, 2007; Данилова, 2001). Координація сенсорних та моторних процесів полегшує людині вибір вірної стратегії поведінки в умовах реалізації «відчуття ритму» (Монахова, 2007; Ohara et al., 2001).

Сучасні електрофізіологічні дослідження мають важливе значення у розкритті центральних механізмів «відчуття ритму» людиною. Бондарь, Федотчев (1999), Лурія (2000), Данилова (2001), Марютина, Ермолаєв (2007), Базанова, Штарк (2007), Фарбер, Анісімова (2000), Болдырева та ін. (2009), Моренко, Павлович (2010а) відзначають специфічні коркові процеси під час виконання ритмічних сенсомоторних завдань, а саме активаційні зміни у проєкційних та асоціативних областях у відповідності до модальності сенсорних подразників і посилення синхронізації між сенсорними та моторними ділянками. Значну взаємодію лобово-тім'яних зон як критерій установалення міжцентрального функціонального зв'язку в умовах ускладнення діяльності, зростання селективної уваги до неї, зокрема під час моторного навчання й становлення нових рухів, демонструють Blum et al. (2007), Фарбер, Анісімова (2000) тощо. У відповідності до даних Бондарь, Федотчева (1999), вважають, що унімануальна сенсомоторна діяльність призводить до активації в сенсомоторних зонах контрлатеральної півкулі. Разом з тим, ускладнення сенсомоторної діяльності супроводжується посиленням симетричності функціонування півкуль. Palva (Palva, Palva, 2006) зауважив, що в умовах ритмічного сенсомоторного координування людиною стадія обробки сенсорного стимулу супроводжується синхронізацією коливань електричної активності кори головного мозку, у той час як моторні відповіді на сенсорні стимули супроводжуються процесами десинхронізації.

Внутрішній темпо-ритм людини невіддільний від її чуттєвості, емоційності (Теплов, 2003). При цьому вегетативні процеси організму синхронізуються із ритмом рухових дій. У зв'язку з цим важливу роль у процесі «відчуття ритму» відіграють кортико-гіпокамально-лімбічні взаємодії, корелятом яких вважається ритмічна електрична активність у діапазоні θ -ритму (Данилова, 2001; Bland et al., 2001). Тета-діапазон ЕЕГ є критерієм «енергетичних» запитів завдання, участі емоційно-мотиваційного компоненту та внеску процесів спрямованої уваги (Buzsaki, 2002; Костандов и др., 2008; Русалов и др., 2002). Синхронізацію в θ -діапазоні ЕЕГ Костандов та співат. (2008) називають показником ефективної взаємодії між гіпокампом і неокортексом, що забезпечує гнучку адаптацію до навколишніх змін. Базанова, Штарк (2007), Моренко, Павлович (2010б) збільшення суб'єктивної складності сенсомоторного завдання пов'язують з посиленням потужності тета-коливань ЕЕГ. Разом з тим, десинхронізація в θ -діапазоні ЕЕГ є показником нижчої результативності (Умрюхина и др., 2005), стереотипізації діяльності (Болдырева и др., 2009;). Ряд дослідників (Лурія, 2000; Панюшева, 2008) виявляють, що мозок людини по-різному спеціалізується в обробці мелодії і ритму «у чистому вигляді». На думку Lotze et al. (2003), при обробці мелодії у більшій мірі задіюється права півкуля, ритму – ліва. Результати наших попередніх досліджень (Моренко, Павлович, 2010б) указують на збільшення потужності та синхронності коливань ЕЕГ у θ -діапазоні у симетричних лобових,тім'яних, премоторних та скроневих частках кори за умови ускладнення звуковисотної структури ритмічних патернів, що сприймалися та відтворювались досліджуваними.

Особливий інтерес при вивченні центральних механізмів ритмічного відчуття людини становить з'ясування впливу такого важливого біологічного фактору, як стать досліджуваних. Разумнікова, Вольф (2006) відзначають значні гендерні особливості в обробці слухової інформації. Базановою, Штарк (2007), Barry et al. (2007) встановлено, що психофізіологічні ознаки психомоторної діяльності в усіх її аспектах (процесів сприйняття, переробки інформації та організації руху) залежать від статі і нейрогуморального статусу. Gaab et al. (2003) припускають, що статеві відмінності в активації мозку під час ритмічної слухомоторної діяльності забезпечуються різними перцептивними стратегіями.

Незважаючи на кількість робіт, присвячених вивченню темпоритмічних характеристик сенсомоторного координування, залишається ряд питань, щодо яких не має однозначної думки у наукових колах і які потребують уточнень та подальших досліджень. Серед них – з'ясування топографії коркових активаційних процесів, характеру міжпівкулевих взаємодій, співвідношення процесів локальної та генералізованої активації як корелятив ритмічного відчуття людини, його статевий аспект. Особливий інтерес становить з'ясування впливу ускладнення звуковисотної та

гармонійної структури сенсорних подразників на характер електрогенезу кори головного мозку. На шляху до з'ясування зазначених питань виявляється актуальною *мета нашого дослідження*: виявлення статевих відмінностей коркових активаційних процесів у θ -діапазоні ЕЕГ під час реалізації функціонального стану «відчуття ритму» людини, з'ясування впливу модифікацій темпоритмічної, звуковисотної і гармонійної структури ритмічних патернів та латералізації мануального відтворення. Вибір θ -ритму пов'язаний з важливістю установаження коркових корелятивів активності кортико-гіпокампальних функціональних систем в процесі реалізації «відчуття ритму».

Контингент та методика досліджень

У дослідженні на добровільній основі взяли участь 100 осіб чоловічої (50 осіб) та жіночої (50 осіб) статей віком 19–21 року, які не мали музичної освіти та систематичної практики занять музикою. За даними тестування у всіх піддослідних був правобічний профіль слухової та мануальної асиметрії (Брагіна, Доброхотова, 1988).

Показником інформаційних процесів вважали електричну активність кори головного мозку, яку реєстрували за допомогою апаратно-програмного комплексу «НейроКом» («ХАІ-Медика», свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26 січня 2007 року). При записі ЕЕГ активні електроди розміщувались за міжнародною системою 10/20 у дев'ятнадцяти точках на скальпі голови (рис. 1).

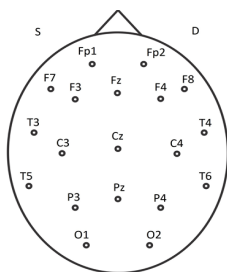


Рис. 1. Схема розміщення електродів

Примітки: S – ліва півкуля, D – права півкуля. Fp1, Fp2 – передньолобові, Fp3, Fp4 – задньолобові, F7, F8 – латеральні лобові, T3, T4 – передньоскроневі, T5, T6 – задньоскроневі, C3, C4 – центральні, P3, P4 – тім'яні, O1, O2 – потиличні відведення, Fz, Cz, Pz – відповідно лобові, центральні, тім'яні сагітальні.

В якості референтних використовували об'єднані вушні електроди, з метою покращення якості запису – додатковий референтний електрод. Для відстеження функціонального стану та правильності виконання тестової проби застосовували систему відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. Реєстрували 40 с інтервали ЕЕГ. ЕЕГ-дані аналізували за допомогою комп'ютерної програми оцінки потужності (мкВ^2) коливань ЕЕГ в діапазоні тета-ритму (частота 4–7 Гц, амплітуда 100–150 мкВ).

Під час експерименту досліджувані знаходились у звуко- і світлонепрониклій кімнаті, у положенні напівлежачи у кріслі з підголівником із заплісцюзими очима. Передпліччя були зафіксовані на підлікотниках. ЕЕГ реєстрували під час експериментальних ситуацій у такій послідовності: у стані функціонального спокою (фон); під час слухового сприйняття й мануального відтворення правою та лівою руками звукових стимулів, організованих у монофонічні ритмічні патерни; під час слухового сприйняття й мануального відтворення правою та лівою руками звукових стимулів, організованих у поліфонічні ритмічні патерни. Означена ритмічна слухомоторна діяльність досліджуваних, на нашу думку та у відповідності до даних літератури (Лурия, 2000; Теплов, 2003; Монахова, 2007; Панюшева, 2008; Gaab et al., 2003), створювала передумови для формування у них функціонального стану «відчуття ритму».

Звукові стимули (програмне забезпечення Finale-2006) подавали бінаурально за допомогою 4 колонок, які знаходились в різних кутках кімнати на відстані 1,2 м від правого та лівого вух досліджуваного. Тривалість стимулу складала 2 мс, гучність на виході колонок не перевищувала 55–60 дБ. Усі ритмічні патерни мали однаковий ритмічний рисунок – / // // /. У монофонічних патернах звучали звуки барабану, які мали однакову висоту. Ускладнення звуковисотної та гармонійної структури патернів забезпечували за рахунок надання їм поліфонічного звучання. При цьому у поліфонічних ритмічних патернах на одновисотні звуки барабанного бою накладали різновисотні (мелодійні) звуки фортепіано. Звуки барабану та фортепіано подавали одночасно та за однаковим ритмічним рисунком, що створювало ефект гармонійного звучання інструментів. В якості мануального

відтворення запропонованих ритмічних патернів піддослідні відтворювали (відбивали) їх пальцями кисті правої та лівої рук з мінімальною амплітудою рухів. Протягом однієї проби подавали патерни лише одного типу, досліджувані виконували завдання лише однією рукою. Відтворення ритмічних патернів починали з правої руки.

Значимість відмінностей потужності коливань ЕЕГ у θ -діапазоні визначали для кожного відведення між тестами, порівнюючи з фоном, між статевими групами за допомогою t -критерію Стьюдента (програмне забезпечення Microsoft Excel). Значимо відмінними вважали показники при $p \leq 0,05$. В цьому діапазоні з метою оцінки зростання/зменшення величини відмінностей показників фіксували $p \leq 0,001$ і $0,001 \leq p \leq 0,05$.

Аналіз результатів дослідження

У стані функціонального спокою (фон) у чоловіків та жінок найбільші значення потужності тета-ритму ЕЕГ фіксували в задніх лобових, центральних, тім'яних та потиличних відділах кори головного мозку. Значимі міжпівкулеві відмінності не встановлені. У жінок відзначили вищі значення потужності порівняно з чоловіками в передньому та задньому лобових, центральному та правому тім'яному відведеннях та нижчі в правій потиличній ділянці ($p \leq 0,05$) (табл. 1, 2, рис. 4).

Таблиця 1.

Динаміка потужності коливань ЕЕГ у тета-діапазоні ($M \pm m$, $\mu\text{В}^2$) у чоловіків

Тест Відведення	Фон	Сприйняття й відтворення монофонічних ритмічних патернів		Сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів	
		правою рукою	лівою рукою	правою рукою	лівою рукою
Fz	92,4±3,8	90,5±4,0	103,5±4,7	99,0±3,8	102,0±4,1
Cz	119,0±5,1	124,0±5,0	136,4±6,0	131,9±4,9	135,7±5,8
Pz	114,5±6,9	90,3±4,4	117,8±7,0	97,2±4,6	107,2±6,0
ліва півкуля					
Fp1	69,6±2,7	89,1±4,4	94,4±4,2	90,5±4,0	82,4±4,0
F3	86,7±3,6	87,4±3,7	95,4±4,3	92,0±3,6	88,5±3,3
F7	64,1±2,6	70,2±3,2	82,2±4,5	73,3±3,2	71,1±2,8
T3	57,4±2,5	53,8±2,4	62,7±3,0*	58,5±2,6*	58,8±2,6
C3	99,9±4,6	93,7±3,8	105,3±5,0	103,1±3,9	98,7±3,7
T5	49,4±2,5	45,3±2,3	53,5±2,9	44,5±2,2	45,3±2,2
P3	100,5±5,9	81,7±3,9	96,3±5,4	85,5±4,0	91,8±4,6
O1	122,8±7,8	94,1±5,7	123,3±8,4	95,6±4,8	112,5±6,8
права півкуля					
Fp2	71,0±2,9	88,0±4,5	99,5±5,0	90,2±3,9	89,3±4,1
F4	87,6±3,7	86,5±3,6	96,6±4,0	91,6±3,7	94,4±3,4
F8	64,0±2,7	68,1±3,4	79,2±4,3	66,9±2,8	77,0±3,7
T4	51,4±2,7	49,1±2,5	54,1±2,7	49,9±2,3	53,5±2,7
C4	101,1±5,3	93,0±3,9	108,7±5,1	97,8±3,5	101,0±3,7
T6	50,5±2,9	42,2±2,1	51,0±2,7	43,9±2,3	46,0±2,6
P4	100,4±6,3	89,8±4,6	108,1±5,7	99,9±5,3*	102,5±5,6
O2	146,3±9,2	157,8±9,6*	189,0±11,5*	154,9±7,9*	158,6±8,4*

Примітки до табл. 1, 2: * – значиме міжпівкулеве переважання, $p \leq 0,05$.

Сприйняття монофонічних ритмічних патернів та їх відтворення правою рукою у чоловіків супроводжувалося значимим зростанням потужності тета-ритму ЕЕГ у передніх лобових ділянках ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,05$) та зниженням у задніх відділах кори – в правому задньому скроневому, лівому і центральному тім'яних та лівому потиличному відведеннях, порівняно з фоном ($p \leq 0,05$) (табл. 1, рис. 2; 1–2). Під час роботи лівою рукою у чоловіків відзначали зростання показників у симетричних передніх та бічних лобових, центральному та правому потиличному відділах, порівняно з фоном ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,05$) та діяльністю правою рукою ($p \leq 0,05$) (табл. 1, рис. 2; 2–2, 2–3). Аналіз міжпівкулевих змін вказав на вищу потужність θ -ритму ЕЕГ у правій потиличній ділянці ($p \leq 0,001$) під час відтворення патернів правою рукою (табл. 1), у лівій скроневій та правій потиличній зонах – при роботі лівою рукою ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,05$) (табл. 1).

У жінок встановлено зростання потужності тета-коливань в лобовому відділі в передніх та лівій бічній областях під час виконання завдання правою ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,05$) та лівою ($p \leq 0,05$) руками, порівняно з фоном (табл. 2, рис. 3; 1–2, 1–3). При роботі лівою рукою виявлено нижчу потужність в передніх лобових ділянках ($p \leq 0,05$), порівняно з правою рукою (табл. 2, рис. 3; 2–3). Значимих міжпівкулевих змін під час виконання завдань правою та лівою руками не зареєстровано (табл. 2). Аналіз статевих відмінностей при роботі правою рукою свідчить про значимо вищу потужність тета-ритму ЕЕГ загалом у корі ($p \leq 0,05$), особливо у лобовій зоні ($p \leq 0,001$) у жінок, порівняно з чоловіками (рис. 4, 2). Разом з тим, у правій потиличній ділянці у жінок встановлені порівняно нижчі показники ($p \leq 0,05$). Під час виконання завдання лівою рукою у жінок відзначено вищі показники у задньому лобовому відділі кори ($p \leq 0,05$), нижчі у правій потиличній ділянці ($p \leq 0,001$), ніж у чоловіків (табл. 1, 2, рис. 4, 3).

Таблиця 2.

Динаміка потужності коливань ЕЕГ у тета-діапазоні ($M \pm m$, $\mu\text{кВ}^2$) у жінок

Тест Відведення	Фон	Сприйняття й відтворення монофонічних ритмічних патернів		Сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів	
		правою рукою	лівою рукою	правою рукою	лівою рукою
Fz	114,3±6,9	123,2±7,5	126,3±8,3	116,2±6,3	123,2±7,5
Cz	146,6±9,8	156,0±10,1	150,9±10,1	138,2±8,3	143,8±8,6
Pz	134,5±10,5	124,6±9,2	125,6±9,5	106,0±6,8	117,5±7,9
ліва півкуля					
Fp1	89,8±5,9	128,2±8,3	107,9±5,9	119,9±7,5	113,4±6,6
F3	107,2±7,0	112,8±6,6	114,7±7,8	104,8±5,4	112,0±7,1
F7	73,6±4,4	85,3±4,7	84,5±4,9	77,8±4,0	82,2±5,0
T3	65,2±4,6	65,9±4,2	64,7±4,7	58,7±3,6	61,5±4,5
C3	122,4±8,8	119,8±7,5	118,2±7,9	106,3±6,0	112,2±7,4
T5	59,4±4,4	59,4±4,1	57,0±4,0	48,3±3,0	52,2±3,5
P3	119,5±9,9	101,1±6,8	116,8±9,2	91,7±5,7	94,3±6,2
O1	116,1±9,7	99,3±7,2	108,3±8,7	84,6±5,5	90,4±6,2
права півкуля					
Fp2	90,1±5,9	131,2±8,9	108,4±6,4	123,0±7,9	115,2±6,7
F4	104,4±6,6	111,7±6,5	116,5±7,9	102,2±5,3	113,1±7,0
F8	67,9±4,2	86,3±5,4	83,1±5,4	76,4±4,1	83,2±5,2
T4	55,9±3,8	56,1±3,2	61,1±4,3	50,6±2,8	55,3±3,4
C4	125,2±9,1	123,7±8,3	126,5±9,2	110,3±6,8	119,2±7,7
T6	60,9±5,0	56,0±3,8	59,1±4,3	45,3±2,9	54,8±3,8
P4	126,4±10,1	118,0±9,2	117,4±10,0	94,2±6,8	103,8±6,7
O2	119,1±9,0	115,1±8,9	120,1±9,2	95,9±6,9	106,8±7,0

Сприйняття поліфонічних ритмічних патернів та їх відтворення правою рукою у чоловіків призводить до зростання потужності тета-ритму ЕЕГ у симетричних передніх і лівому бічному лобових відведеннях та зниження у лівій тім'яно-потиличній зоні кори порівняно зі станом функціонального спокою ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,05$) (табл. 1, рис. 2; 1–4). Під час виконання завдання лівою рукою встановлено зростання потужності тета-ритму ЕЕГ у передній і правій бічній лобовій та центральній ділянках кори головного мозку, ніж у спокої ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,05$) (табл. 1, рис. 2; 1–5). Реалізація завдань правою рукою супроводжується вищою потужністю в бічній правій лобовій та лівій потиличній областях ($p \leq 0,05$), порівняно з лівою рукою (рис. 2; 4–5). У чоловіків сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів, порівняно з монофонічними, правою рукою не зазнало значимих змін, лівою рукою – відзначилося зниженням показників у лівій півкулі в передньому та бічному лобовому, задньому скроневому відділах та в правій потиличній ділянці ($p \leq 0,05$) (рис. 2; 2–4, 3–5).

Аналіз міжпівкулевих відмінностей при роботі правою рукою у чоловіків указав на вищу потужність θ -ритму в лівому передньому скроневому та правому тім'яно-потиличному відділах кори ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,05$) (табл. 1). Під час виконання завдання лівою рукою значення потужності переважали в потиличній ділянці правої півкулі ($p \leq 0,001$) (табл. 1).

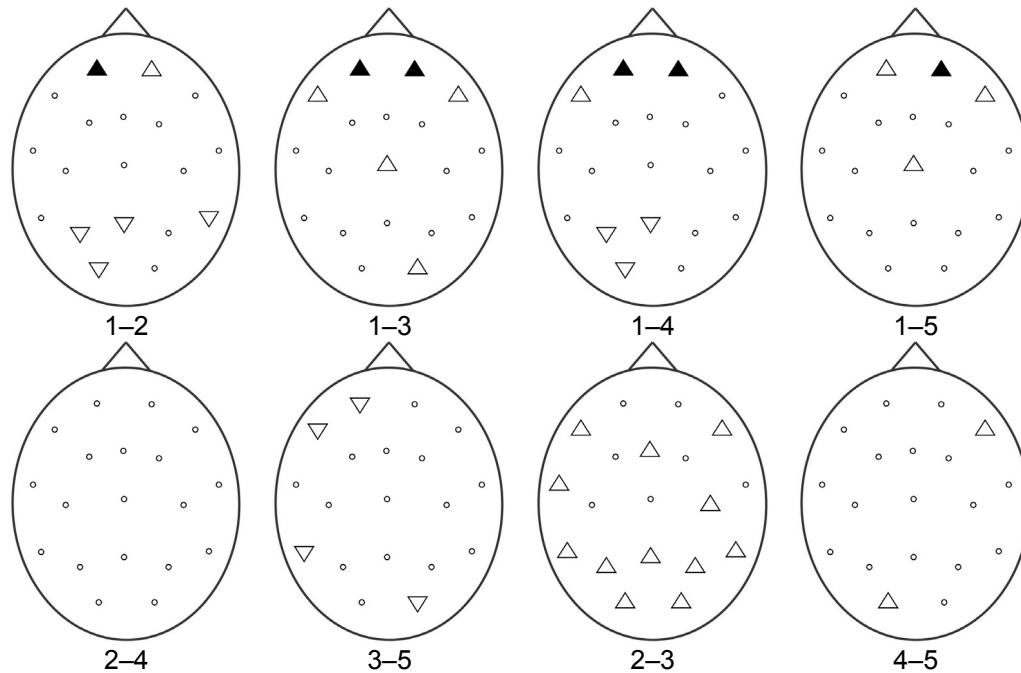


Рис. 2. Динаміка потужності коливань ЕЕГ у діапазоні θ -ритму у чоловіків під час сприйняття й відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів

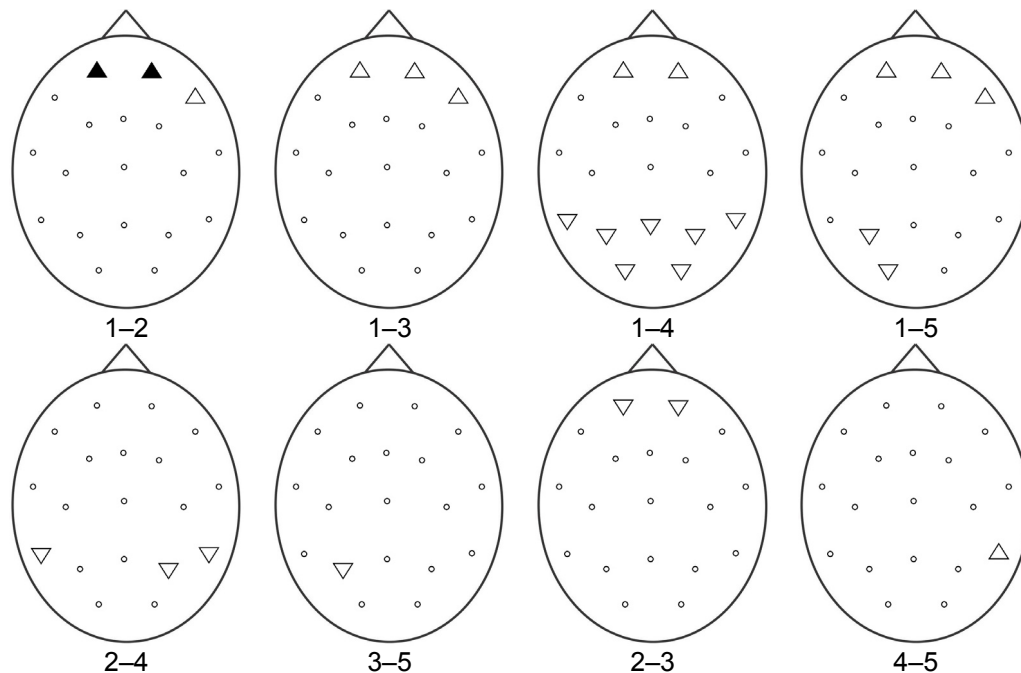


Рис. 3. Динаміка потужності коливань ЕЕГ у діапазоні θ -ритму у жінок під час сприйняття й відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів

Примітки до рис. 2–4: стан функціонального спокою (1), сприйняття й відтворення монофонічного ритмічного патерну кистю правої (2) та лівої (3) руки; сприйняття й відтворення поліфонічного ритмічного патерну кистю правої (4) та лівої (5) руки.

△ зростання (зниження) показників у другому тесті, $0,001 \leq p \leq 0,05$;

▲ зростання (зниження) показників у другому тесті, $p \leq 0,001$.

У жінок при роботі правою рукою відзначали симетричні біпівкулеві зміни потужності коливань ЕЕГ у діапазоні θ -ритму, а саме зростання показників у передній лобовій ділянці та їх зниження у задніх відділах кори – задніх скроневих, тім'яних та потиличних відведеннях, порівняно зі станом

функціонального спокою ($p \leq 0,05$) (табл. 2, рис. 3; 1–3). Під час виконання завдання лівою рукою простежено зростання потужності тета-ритму в лобовому відділі з акцентом у правій півкулі та її зниження у лівій тім'яно-потиличній зоні кори ($p \leq 0,05$) (табл. 2, рис. 3; 1–4). Під час роботи лівою рукою встановлено вищі показники у правій півкулі, зокрема у правій задній скроневій ділянці кори ($p \leq 0,05$) (рис. 3; 4–5).

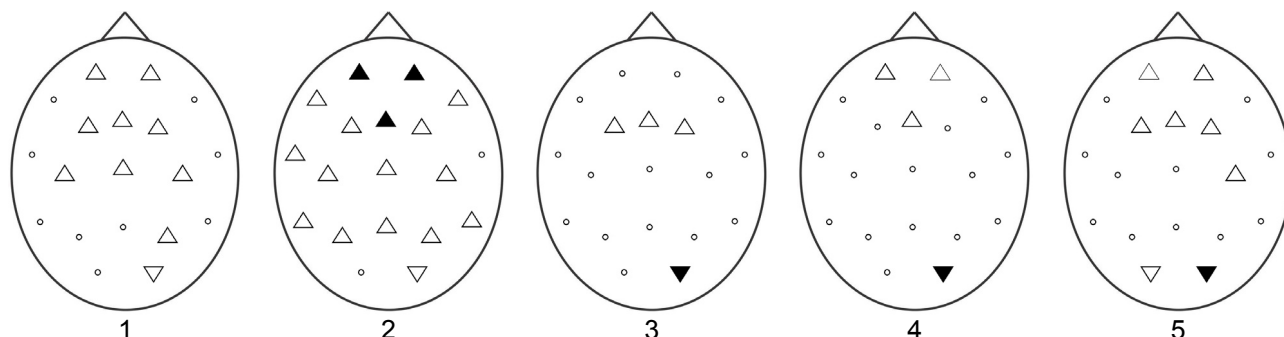


Рис. 4. Статеві особливості потужності θ -ритму ЕЕГ під час сприйняття та відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів

△▽ значимо вищі (нижчі) показники у жінок, порівняно з чоловіками, $0,001 \leq p \leq 0,05$;
▲▼ значимо вищі (нижчі) показники у жінок, порівняно з чоловіками, $p \leq 0,001$.

У жінок сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів, порівняно з монофонічними, пов'язано зі зниженням потужності θ -ритму ЕЕГ під час виконання завдань правою рукою у симетричних задніх скроневих та правому тім'яному відведеннях, під час роботи лівою рукою – в лівій тім'яній ділянці кори головного мозку ($p \leq 0,05$) (рис. 3; 2–4, 3–5).

Значимих міжпівкулевих відмінностей у жінок при сприйнятті та відтворенні різновисотних ритмічних патернів як правою, так і лівою руками не встановлено (табл. 2).

Під час роботи правою та, особливо, лівою руками у жінок виявлені вищі значення потужності θ -ритму ЕЕГ в лобовій області ($p \leq 0,05$) та нижчі в потиличному відділі кори ($p \leq 0,001$), порівняно з чоловіками (табл. 1, 2, рис. 4: 4, 5).

Обговорення результатів дослідження

Результати наших досліджень вказали на специфічні риси коркових активаційних процесів у діапазоні θ -ритму ЕЕГ у чоловіків та жінок при забезпеченні ритмічної слухомоторної діяльності. Остання, відповідно до умов нашого експерименту, була пов'язана зі сприйняттям та мануальним відтворенням моно- та поліфонічних ритмічних патернів і створювала передумови для реалізації досліджуваними функціонального стану «відчуття ритму». Наші дані засвідчили виражені зміни потужності коливаних ЕЕГ у заданій частотній смузі у задніх скроневих, центральних, тім'яних, потиличних, а також лобних ділянках кори. Таким чином, виконання означеної ритмічної слухомоторної діяльності у корковій організації супроводжувалося не лише участю центрів моторної кори, які складають ядро рухового аналізатора, але й інших – проєкційних і асоціативних полів неокортексу. На думку Лурії (2000), Фарбер, Анісімової (2000), залученість цих ділянок кори створює умови для об'єднання роботи багатьох центрів у єдину функціональну систему, що і забезпечує довільні сенсомоторні дії.

У чоловіків сприйняття й відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів правою рукою супроводжувалося більш вираженою динамікою показників у лівій півкулі, при цьому встановлено зростання потужності тета-коливаних ЕЕГ у передній лобовій області та зниження в тім'яно-потиличній зоні, порівнюючи з фоном. Асиметрію означених змін чіткіше простежували під час ускладнення завдання – сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів. Збільшення потужності θ -ритму ЕЕГ у фронтальних ділянках кори з акцентом у лівій півкулі, на нашу думку та відповідно до даних літератури, може бути пов'язане з посиленням кортико-гіпокампальної взаємодії в умовах необхідності більш гнучкого пристосування до ситуації, збільшення напруження, внутрішньої концентрації та вибіркової уваги, механізм якої локалізований у лівій гемісфері (Костандов и др., 2008; Klimesch, 1999; Умрюхіна и др., 2005; Болдырева и др., 2009; Русалов и др., 2002). Депресія потужності θ -ритму ЕЕГ у тім'яно-потиличних ділянках (блоці сприйняття й переробки сенсорної інформації, за Лурією, 2000), виявлена під час роботи правою рукою, можливо, є адекватним відображенням діяльності кори при виконанні незначних за амплітудою, простих автоматизованих

рухів (відбиття ритму пальцями кисті) та мимовільного уявлення досліджуваними картини власних рухів за умови відсутності зорового контролю. Наші дані узгоджуються з даними авторів про депресію тета-ритму, локалізовану у парієтально-окципітальних ділянках кори, при виконанні слабких, автоматизованих рухів, а також під час уявлення внутрішніх образів (Фарбер, Анисимова, 2000; Болдырева и др., 2009; Костандов и др., 2008). При цьому пригнічення повільнохвильової активності розглядається як ознака підвищення функціональної активності мозку при простих стереотипних рухах.

Домінування динамічних змін (зниження потужності θ -ритму ЕЕГ) у лівій півкулі в умовах діяльності правою рукою може бути обумовлене відмінністю іннерваційних впливів на периферійний нейромоторний апарат домінантною й субдомінантною півкулею, а також будовою пірамідного тракту, волокна якого, як відомо, на шляху до мотонейронів спинного мозку перехрещуються у пірамідах довгастого мозку. Зі зростанням об'єктивної складності слухомоторного завдання – сприйняття й відтворення пальцями правої руки поліфонічних ритмічних патернів, асиметричність означених змін у лобових та тім'яно-потиличних відділах кори посилюється.

Виконання усіх завдань лівою рукою у чоловіків призводило до зростання потужності тета-активності ЕЕГ загалом у лобових та центральних відділах кори, порівняно з фоном. Вищі показники також відзначали переважно у лобових та задніх відділах кори, порівняно з такими при роботі правою рукою. Подібне посилення тета-активності за умови суб'єктивного ускладнення ритмічної слухомоторної діяльності при роботі невправною рукою у праворуких чоловіків може бути пов'язане зі збільшенням внутрішньої концентрації, напруження і у певній мірі зменшення уваги до зовнішнього середовища. За цих обставин подібне зростання потужності θ -ритму ЕЕГ Русалов та ін. (2002) обумовлюють як посиленням кортико-гіпокампальних взаємодій, так і активацією кортикальних проєкцій на таламус, що призводить до гальмування зв'язку із навколишнім середовищем і зосередження на внутрішніх процесах. Тому виявляється закономірним і збільшення симетричності функціонування півкуль, установлене під час виконання завдань лівою рукою у чоловіків. На думку Бондаря, Федотчева (1999), Фарбер, Анисимова (2000), ускладнення моторного завдання супроводжується посиленням симетричності функціонування півкуль.

Сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів чоловіками супроводжувалось менш значимими й поширеними у корі динамічними змінами потужності θ -ритму ЕЕГ, порівняно з монофонічними. Така закономірність, на нашу думку, може бути пов'язана зі зниженням ефекту новизни для чоловіків під час роботи з поліфонічними патернами. Сприйняття й відтворення останніх, за умовами нашого експерименту, відбувалося після ритмічної слухомоторної діяльності з монофонічними патернами.

У жінок сприйняття й відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів забезпечується зростанням потужності коливань ЕЕГ у передній лобовій зоні з акцентом у правій півкулі, порівняно з фоном. На думку Костандова та ін. (2008), подібне зростання θ -активності у фронтальних відділах у жінок, як і у чоловіків, пов'язане із необхідністю швидкого переключення уваги при частій зміні подразників, більш гнучкого пристосування до ситуації, а також зростання напруження при цьому. Правопівкулеве переважання потужності θ -ритму ЕЕГ, на нашу думку та відповідно до результатів авторів Разумнікової, Вольфа (2006), обумовлюється особливостями жіночого організму – симультанним способом аналізу інформації, збільшенням фактору емоційності. Відсутність значимих депресивних змін потужності θ -активності у задніх відділах кори під час сприйняття й відтворення монофонічних патернів, які фіксували у чоловіків при роботі правою рукою, може свідчити про меншу складність для жінок даного сенсомоторного завдання та вищу автоматизованість для них здійснюваних рухів. При ускладненні звуковисотної та гармонійної структури патернів (поліфонія) у жінок простежували зниження показників у задніх відділах кори – симетричним при роботі правою рукою, у лівій півкулі – лівою рукою. Подібна динаміка під час сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів є ознакою підвищення функціональної активності мозку в умовах реалізації автоматизованих дій та їх мисленого уявлення, порівняно з монофонічними патернами (Русалов и др., 2002; Болдырева и др., 2009). Збільшення симетричності функціонування півкуль, виявлене у жінок при роботі правою рукою, узгоджується з даними Разумнікової, Вольфа (2006) про кооперативну взаємодію півкуль у жінок при вербальних та невербальних навантаженнях.

Виконання усіх завдань лівою рукою у жінок не супроводжувалося вагомими змінами потужності θ -ритму ЕЕГ, порівняно з правою рукою. Лише під час роботи з монофонічними патернами виявили відносно нижчі показники у передніх лобових ділянках, з поліфонічними патернами – вищі показники у правому задньому скроневому відведенні, порівнюючи з правою рукою. На нашу думку, подібна динаміка вказує на те, що зміна латералізації виконання рухів жінкам дається з більшою легкістю та викликає менше напруження, порівняно з чоловіками.

Аналіз статевих відмінностей свідчить, що у стані спокою та під час сприйняття й відтворення монофонічних ритмічних патернів правою рукою для жінок була властива вища потужність коливань ЕЕГ у θ -діапазоні загалом у корі, особливо у лобовій зоні, порівняно з чоловіками. Означена закономірність, на нашу думку та у відповідності до даних літератури (Болдырева и др., 2009; Костандов и др., 2008), є відображенням загальних біологічних особливостей жіночого організму. У жінок більш глобальний вплив на електричну активність кори мають лімбіко-гіпоталамічні відділи мозку, що зумовлює вищий рівень коркового тону, емоційного напруження та вегетативного забезпечення у стані спокою та при виконанні нескладних сенсомоторних завдань, порівняно з чоловіками. Натомість значимість і поширеність у корі виявленої закономірності при суб'єктивному (під час роботи лівою рукою) та об'єктивному (під час сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів) ускладненні ритмічної слухомоторної діяльності знижується. Значиме переважання потужності тета-ритму ЕЕГ у жінок, порівняно з чоловіками, локалізується лише у лобовій зоні. Робимо припущення, що така динаміка може бути обумовлена відносним зростанням за цих обставин у чоловіків необхідності до глибшої зосередженості, зменшення уваги до зовнішнього середовища та внутрішньої концентрації, порівняно з жінками.

Протягом усього експерименту у правій потиличній ділянці у жінок встановлюються нижчі показники, порівняно з чоловіками, що є більш значимим при ускладненні завдань. Дана особливість вказує на більшу міру як орієнтації жінок на зовнішні стимули, так і мисленнєвого уявлення ними виконуваних рухів за відсутності зорового контролю, порівняно з чоловіками. У зв'язку з цим закономірним є і посилення значимості виявленої динаміки при ускладненні завдань.

Виконання ритмічної слухомоторної діяльності супроводжувалось більш вираженою асиметричністю функціонування півкуль у чоловіків при переважанні показників у тім'яно-потилічній зоні правої півкулі та передній скроневій ділянці лівої півкулі. Для жінок характерний симетричний розподіл активаційних процесів у обох півкулях кори. Наші дані узгоджуються з даними Разумнікової, Вольфа (2006), Моренко, Павлович (2010) про існування статевих відмінностей у принципах міжпівкулевої взаємодії у чоловіків та жінок – більшу локальність та асиметричність коркових активаційних процесів у чоловіків і їх генералізованість та симетричність у жінок.

Таким чином, реалізація функціонального стану «відчуття ритму» під час сприйняття й відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів чоловіками та жінками забезпечується скоординованою діяльністю різних систем мозку, як безпосередньо контролюючих реалізацію моторного акту, так і пов'язаних з процесами сприйняття, уваги. Результати наших досліджень вказують на використання чоловіками й жінками різних стратегій селекції інформації в ході ритмічної слухомоторної діяльності. Чоловікам властива тенденція до більшої внутрішньої концентрації, напруженості, зниження уваги до зовнішнього середовища. Виявлена закономірність посилювалась зі збільшенням складності звуковисотної та гармонійної структури ритмічних патернів та під час їх відтворення лівою рукою. Коркові активаційні процеси в чоловіків у частотній смузі θ -ритму ЕЕГ були у більшій мірі асиметричними, ніж у жінок. Натомість жінкам була притаманна менша зосередженість при виконанні завдань і більша зверненість до зовнішніх стимулів, мисленнєвого уявлення власних рухів. Ми припускаємо, що подібна закономірність може бути пов'язана з дією декількох факторів: із меншою складністю для жінок поставлених завдань в результаті, можливо, кращого «відчуття ритму» і розвитку тонкої моторики, а також із застосуванням різних стратегічних підходів до обробки сенсомоторної інформації чоловіками та жінками.

У зв'язку з отриманими результатами, на нашу думку, виявляється важливим у подальшому зосередити увагу на аналізі топографічного розподілу, когерентних відношень коливань ЕЕГ в усьому частотному спектрі під час реалізації функціонального стану «відчуття ритму» з урахуванням звуковисотної, темпо-ритмічної та гармонійної складності ритмічних патернів, що аналізуються досліджуваними. Актуальним є і виявлення ролі статевого фактору у просторово-часовому розподілі та динаміці коркових активаційних процесів.

Висновки

1. У чоловіків сприйняття й відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів правою рукою супроводжувалось більш вираженою динамікою показників у лівій півкулі – виявляється зростання потужності тета-коливань ЕЕГ у передній лобовій області та зниження в тім'яно-потилічній зоні, порівняно з фоном. Асиметрію означених змін чіткіше простежували під час сприйняття й відтворення поліфонічних ритмічних патернів.

2. У жінок сприйняття й відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів забезпечувалось зростанням потужності коливань ЕЕГ у передній лобовій зоні з акцентом у правій півкулі, порівняно з фоном. Під час ускладнення звуковисотної структури (поліфонія) патернів також простежено зниження

показників у задніх відділах кори – симетричним при роботі правою рукою, у лівій півкулі – лівою рукою.

3. Виконання усіх завдань лівою рукою у чоловіків призводило до зростання як симетричності функціонування півкуль, так і потужності тета-активності ЕЕГ загалом у лобових та центральних відділах кори, порівняно з фоном. У жінок не відзначали вагомих змін потужності θ -ритму ЕЕГ, порівняно з показниками, зареєстрованими при роботі правої руки. Лише під час роботи з монофонічними патернами виявили зниження показників у передніх лобових ділянках, з поліфонічними патернами – їх зростання у правому задньому скроневому відведенні, відносно потужності, виявленої під час діяльності правої руки.

4. Аналіз статевих відмінностей засвідчив, що у стані спокою та під час сприйняття й відтворення монофонічних ритмічних патернів правою рукою жінки відзначались вищою потужністю коливань ЕЕГ у θ -діапазоні загалом у кори, особливо у лобовій зоні. При зростанні складності завдань – як суб'єктивної (робота лівою рукою), так і об'єктивної (поліфонічність патернів), значимість і поширеність виявленої закономірності знижується. Значимі відмінності локалізуються лише у лобовій зоні кори. Разом з тим у правій потиличній частці у жінок устанавлюються нижчі показники, порівняно з чоловіками, протягом усього експерименту, що є більш значимим при ускладненні завдань.

5. Виконання ритмічної слухомоторної діяльності супроводжувалось більш вираженою асиметричністю функціонування півкуль у чоловіків при переважанні показників у тим'яно-потилічній зоні правої півкулі та передній скроневої ділянці лівої півкулі. Для жінок був властивий симетричний розподіл активаційних процесів у обох півкулях кори.

Список літератури

- Базанова М.О., Штарк М.Б. Биоуправление в оптимизации психомоторной реактивности. Сообщение 1. Сравнительный анализ биоуправления и обычной исполнительской практики // Физиология человека. – 2007. – Т.33, №4. – С. 24–32. /Bazanova M.O., Shtark M.B. Bioupravleniye v optimizatsii psikhomotornoy reaktivnosti. Soobshcheniye 1. Sravnitel'nyy analiz bioupravleniya i obychnoy ispolnitel'skoy praktiki // Fiziologiya cheloveka. – 2007. – Т.33, №4. – С. 24–32./
- Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В. и др. фМРТ-ЭЭГ-исследование реакций мозга здорового человека на функциональные нагрузки // Физиология человека. – 2009. – Т.35, №3. – С. 20–30. /Boldyreva G.N., Zhavoronkova L.A., Sharova Ye.V. i dr. fMRT-EEG-issledovaniye reaktsiy mozga zdorovogo cheloveka na funktsional'nyye nagruzki // Fiziologiya cheloveka. – 2009. – Т.35, №3. – С. 20–30./
- Бондарь А.Т., Федотчев А.И. Динамические изменения структуры ЭЭГ при произвольных движениях человека // Физиология человека. – 1999. – Т.25, №5. – С. 64–73. /Bondar' A.T., Fedotchev A.I. Dinamicheskiye izmeneniya struktury EEG pri proizvol'nykh dvizheniyakh cheloveka // Fiziologiya cheloveka. – 1999. – Т.25, №5. – С. 64–73./
- Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. Монография. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1988. – 240с. /Bragina N.N., Dobrokhotova T.A. Funktsionalnaya asimetriya cheloveka. Monografiya. – 2 izd., pererab. i dopol. – М.: Meditsina, 1988. – 240s.
- Данилова Н.Н. Психофизиология: учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2001. – 373с. /Danilova N.N. Psihofiziologiya: uchebnik dlya vuzov. – М.: Aspekt Press, 2001. – 373s./
- Костандов Э.А., Курова Н.С., Черемушкин Е.А. Пространственная синхронизация ритмов ЭЭГ тета- и альфа-диапазонов при неосознаваемой установке на восприятие эмоционального выражения лица // Журнал высшей нервной деятельности. – 2008. – Т.58, №6. – С. 678–687. /Kostandov E.A., Kurova N.S., Cheremushkin Ye.A. Prostranstvennaya sinkhronizatsiya ritmov EEG teta- i al'fa-diapazonov pri neosoznavayemoy ustanovke na vospriyatiye emotsional'nogo vyrazheniya litsa // Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti. – 2008. – Т.58, №6. – С. 678–687./
- Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. 3-е изд. – М.: Академический проект, 2000. – 512с. /Luriya A.R. Vysshiye korkovyye funktsii cheloveka i ikh narusheniya pri lokal'nykh porazheniyakh mozga. 3-e izd. – М.: Akademicheskii projekt, 2000. – 512s./
- Марютина Т.М., Ермолаев О.Ю. Введение в психофизиологию: учеб. пособие. – М.: Московский психолого-социальный институт: Флинта, 2007. – 400с. /Maryutina T.M., Yermolayev O.Yu. Vvedeniye v psikhofiziologiyu: ucheb. posobiye. – М.: Moskovskiy psikhologo-sotsial'nyy institut: Flinta, 2007. – 400s./
- Монахова И.Е. Мозговые механизмы субъективной ритмизации: Материалы III Международной научно-практической конференции «Развитие научного наследия А.Р.Лурия в отечественной и мировой психологии» / Под. ред. проф. В.А.Москвина. – Москва–Белгород: Издательско-полиграфический центр «ПолітерраОЛИТЕРРА», 2007. – С.183. /Monakhova I.Ye. Mozgovyye mekhanizmy subyektivnoy ritmizatsii: Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Razvitiye nauchnogo naslediya A.R.Luriya v otechestvennoy i mirovoy psikhologii» / Pod. red. prof. V.A.Moskvina. – Moskva–Belgorod: Izdatel'sko-poligraficheskii tsentr «PoliterraOLITERRA», 2007. – С.183./
- Моренко А.Г., Павлович О.С. Динамика просторовой синхронизации и десинхронизации биопотенциалов ЕЕГ при змінах темпу виконання слухо-моторних координацій людиною // Фізика живого. – 2010а. – Т.18, №2. – С. 153–161. /Morenko A.G., Pavlovych O.S. Dynamika prostorovoy sinkhronizatsii i desinkhronizatsii biopotentsialiv EEG pry zminakh tempu vykonannya slukho-motornykh koordynatsiy lyudynoyu // Fizyka zhyvogo. – 2010a. – Т.18, №2. – С. 153–161./

- Моренко А.Г., Павлович О.С. Топографічні характеристики θ -ритму ЕЕГ під час сприйняття й відтворення ритмічних структур та звуковисотних відношень різної складності у жінок // Вісник Черкаського національного університету. Серія біологічні науки. – 2010б. – Вип.2. – С. 123–128. /Moreno A.G., Pavlovykh O.S. Topografichni kharakterystyky θ -rytmu EEG pid chas spryinyattya i vidtvorennya rytmichnykh struktur ta zvukovyshotnykh vidnoshen' riznoi skladnosti u zhinok // Visnyk Cherkas'kogo natsional'nogo universytetu. Seriya biologichni nauky. – 2010b. – Vyp.2. – S. 123–128./
- Панюшева Т.Д. Музыкальный мозг: обзор отечественных и зарубежных исследований // Асимметрия. – 2008. – Т.2, №2. – С. 41–54. /Panyusheva T.D. Muzykal'nyy mozg: obzor otechestvennykh i zarubezhnykh issledovaniy // Asimmetriya. – 2008. – T.2, №2. – S. 41–54./
- Разумникова О.М., Вольф Н.В. Половые различия межполушарного взаимодействия при распределенном и направленном внимании // Журнал высшей нервной деятельности. – 2006. – Т.56, №3. – С. 327–333. /Razumnikova O.M., Vol'f N.V. Polovyye razlichiya mezhpolusharnogo vzaimodeystviya pri raspredelennom i napravlennom vnimanii // Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti. – 2006. – T.56, №3. – S. 327–333./
- Русалов В.М., Русалова М.Н., Стрельникова Е.В. Электрофизиологическое исследование мотивации выбора у человека // Успехи физиологических наук. – 2002. – Т.33, №2. – С. 68–82. /Rusalov V.M., Rusalova M.N., Strel'nikova Ye.V. Elektrofizyologicheskoye issledovaniye motivatsii vybora u cheloveka // Uspekhi fizyologicheskikh nauk. – 2002. – T.33, №2. – S. 68–82./
- Теплов Б.М. Психология музыкальных способностей. – М.: Наука, 2003. – 379с. (Памятники психологической мысли). /Teplov B.M. Psikhologiya muzykal'nykh sposobnostey. – M.: Nauka, 2003. – 379s. (Pamyatniki psihologicheskoy mysli)./
- Умрюхина А.Е., Джебрайлова Т.Д., Коробейникова И.И. Индивидуальные особенности достижения результатов целенаправленной деятельности и спектральные характеристики ЭЭГ студентов в передэкзаменационной ситуации // Психологический журнал. – 2005. – Т.26, №4. – С. 57–65. /Umryukhina A.Ye., Dzhebrailova T.D., Korobeynikova I.I. Individual'nyye osobennosti dostizheniya rezul'tatov tselenapravlennoy deyatel'nosti i spektral'nyye kharakteristiki EEG studentov v peredekzamenatsionnoy situatsii // Psihologicheskii zhurnal. – 2005. – T.26, №4. – S. 57–65./
- Фарбер Д.А., Анисимова И.О. Функциональная организация коры больших полушарий при выполнении произвольных движений. Возрастной аспект // Физиология человека. – 2000. – Т.26, №5. – С. 35–43. /Farber D.A., Anisimova I.O. Funktsional'naya organizatsiya kory bol'shikh polushariy pri vypolnenii proizvol'nykh dvizheniy. Vozrastnoy aspekt // Fiziologiya cheloveka. – 2000. – T.26, №5. – S. 35–43./
- Barry R.J., Clarke A.R., Johnstone S.J. et al. EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions // Clinical Neurophysiol. – 2007. – Vol.118. – P. 2765–2773.
- Bland V.H., Oddie S.D., Colom L.V. Mechanisms of neural synchrony in the septohippocampal pathways underlying hippocampal theta generation // J. Neurosci. – 2001. – Vol.19. – P. 3223–3237.
- Blum J., Lutz K., Jäncke L. Coherence and phase locking of intracerebral activation during visuo- and audio-motor learning of continuous tracking movements // Experimental Brain Research. – 2007. – Vol.182, №1. – P. 59–69.
- Buzsaki G. Theta oscillations in the hippocampus // Neuron. – 2002. – Vol.33. – P. 325–340.
- Gaab N., Keenan J.P., Schlaug G. The effects of gender on the neural substrates of pitch memory // Journal of Cognitive Neuroscience. – 2003. – Vol.15, №6. – P. 1–11.
- Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // Brain Research Reviews. – 1999. – Vol.29. – P. 169–195.
- Lotze M., Scheler G., Tan H.-R.M. et al. The musician's brain: functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery // NeuroImage. – 2003. – P. 1–13.
- Ohara S., Mima T., Baba K. et al. Increased synchronization of cortical oscillatory activities between human supplementary motor and primary sensorimotor areas during voluntary movements // J. Neurosci. – 2001. – Vol.21. – P. 9377–9386.
- Palva S., Palva J.M. New vistas for alpha-frequency band oscillations // Trends Neurosci. – 2007. – Vol.30, №4. – P. 150–158.

Представлено: Н.О.Бєлікова / Presented by: N.O.Belikova

Рецензент: В.В.Мартиненко / Reviewer: V.V.Martynenko

Подано до редакції / Received: 24.10.2011