

EFFECT OF BINAURAL TECHNOLOGY OF HEMISPHERIC SYNCHRONIZATION AS FUNCTIONAL MUSIC ON PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATUS OF HUMAN

Kudievsky Y.V., Kalnish V.V.

ВПЛИВ БІНАУРАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОТИ ПІВКУЛЬ МОЗКУ У ВИГЛЯДІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МУЗИКИ НА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАТУС ЛЮДИНИ



**КУДІЄВСЬКИЙ Я.В.,
КАЛЬНИШ В.В.**

ДУ "Інститут медицини праці
АМН України",
м. Київ

УДК 612.821:534:613.6:001.5

Ключові слова:
функціональний стан,
електроенцефалографія,
функціональна музика
з ефектом биття,
суб'єктивний стан.

У сучасному суспільстві спостерігається тенденція до прискорення ритму життя, зростання дефіциту часу, підвищення робочого навантаження, що у професіях розумової праці може призводити до зменшення ефективності та надійності праці. Тому актуальними завданнями фізіології праці були і є поліпшення функціонального стану, профілактика втоми та перевтоми у працівників.

Застосування функціональної музики — один з ефективних методів поліпшення суб'єктивного самопочуття і функціонального стану людини. Музика як ритмічний і емоційний подразник здатна підвищувати рівень функціонування різних фізіологічних процесів організму, робити їх оптимальними, енергетично більш економічними [1]. Музика відіграє роль впорядкованого звукового подразника, а також (більшою мірою) подразника, що формує емоції у тісній залежності від конкретного музичного твору. В обох випадках ефект спрямований

на зміну збудливості вищих відділів ЦНС [12]. Як емоційний подразник музика впливає на функціональний стан кори головного мозку і безпосередньо тонізує її [11], опосередковано активізує діяльність вегетативної нервової системи, внаслідок чого посилюються трофічні впливи і нормалізується функціональний стан всіх збудливих тканин, насамперед ЦНС [3].

Проте в епоху науково-технічної революції поширилося зменшення сприйняття музики внаслідок нервових перевантажень, стресованості, пов'язаних з напруженим ритмом життя та частим, як правило, застосуванням музичних творів у побуті, на робочому місці тощо. Тому слід надавати перевагу таким властивостям музики, як ритм, оскільки практично всі системи організму засвоюють ритм незалежно від суб'єктивного ставлення людини до музичного твору [1].

Наразі для впливу на функціональний стан ЦНС почали використовувати метод Hemi-Sync (скорочено від hemispheric synchronization — "синхронізація роботи півкуль мозку на певній частоті"), що базується на відповідних звукових сигналах, які викликають в обох півкулях головного мозку ідентичні хвильові режими. З цією метою застосовується музика, в якій, окрім основних ефектів, накладається ще й так званий "ефект биття", заснований на складанні двох різних синусоїдальних звукових сигналів з утворенням нової низькочастотної синусоїдальної кривої [8], яка викликає певні біологічні ефекти у діяльності ЦНС. Зокрема при роздільному пред'явленні (за допомогою стереонавушників) двох частотно різних тонів на кожне

**ВОЗДЕЙСТВИЕ БИНАУРАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
СИНХРОНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПОЛУШАРИЙ МОЗГА В ВИДЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МУЗЫКИ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ
СТАТУС ЧЕЛОВЕКА**

Кудиевский Я.В., Кальниш В.В.

В статье приведены результаты электрофизиологических исследований группы добровольцев, прослушивавших функциональную музыку с эффектом биения. Последствия характеризовались улучшением субъективного состояния (улучшением самочувствия, настроения, работоспособности, снижением нервного напряжения, увеличением активности) и функционального состояния ЦНС (снижением дельта- и тета-активности, частотным смещением в тета-диапазоне в сторону более высоких частот, тенденцией к повышению бета-, гамма- и альфа-активности).

Ключевые слова: функциональное состояние, электроэнцефалография, функциональная музыка с эффектом биения, субъективное состояние.

© Кудієвський Я.В., Кальниш В.В.
СТАТТЯ, 2009

вухо вони синтезуються у верхніх ядрах оливи в єдиний низькочастотний тон — бінауральний тон (биття). Таким чином, бінауральний тон є узагальненою частотою, яка дорівнює різниці попередніх початкових тонів. Ретикулярна формація, що відіграє головну роль у фільтрації і проведенні сенсорної інформації, безпосередньо залучена до обробки бінауральних тонів. Сформована таким чином електрична активність надходить до кори головного мозку, де може бути зафіксована електродами електроенцефалографа у динаміці прослуховування музичного твору. Якщо різниця між тонами відповідає специфічному стану хвильової активності мозку, то ця активність і буде підтримуватися за рахунок ефекту биття. Виходячи з цього бінауральні тони певної частоти можуть збільшувати відповідну мозкову активність і впливати на когнітивні процеси [14, 16].

Метою даної роботи було вивчення особливостей змін біоелектричної активності головного мозку за дії функціональної музики з ефектом биття.

Матеріали та методи дослідження. Було проведено обстеження серед слухачів Військово-медичної академії та добровольців. Основну групу склали 12 осіб віком 19-28 років, (9 чоловіків, 3 жінки); контрольну групу — 11 осіб віком 19-28 років (9 чоловіків, 2 жінки).

Як музикальний стимул для основної групи була запропонована композиція "Metamusis: Dreamer's Journey", випущена компанією "Hemi-Sync" під патронатом Інституту ім. Р. Монро (США, Вірджинія), тривалістю 37 хвилин. За

складом композиція умовно розподілена на дві частини однакової тривалості — з седативним ефектом на початку і активуючим ефектом наприкінці (приблизно по 18 хвилин кожна). Перехід від одного ефекту до іншого відбувається плавно і здійснюється у середній частині композиції. Прослуховування музики провадилося у стереонавушниках, за допомогою яких реалізувався ефект биття.

У контрольній групі застосовувався аналогічний музичний стимул, але це була проста функціональна музика (без ефекту биття), що прослуховувалася через одну колонку, без стереоефекту.

Функціональний стан ЦНС піддослідних осіб оцінювався до та одразу після прослуховування музики за допомогою ЕЕГ. Використовувався електроенцефалографічний комплекс NeuroCom Standard

(ХАІ-медика, Харків). Запис реєструвався монополярно у 16 стандартних відведеннях (Fp, F, C, T, P, O) від обох півкуль за міжнародною системою "10-20" (Jasper, 1958), з об'єднаним референтним аурікулярним електродом [15]. Частота дискретизації становила 250 Гц. Здійснювався візуальний і програмний аналіз фонові проби тривалістю одна хвилина запису до і після прослуховування музики у частотному діапазоні 1-50 Гц. Для кожного відведення вираховувалася середня спектральна потужність з використанням методу швидкого перетворення Фур'є. Аналізувалися значення потужності спектра у стандартних фізіологічних частотних діапазонах: дельта (1-4 Гц), тета (4-8 Гц), альфа (8-13 Гц), бета (13-35 Гц), гамма (35-50 Гц). Фрагменти з артефактами оброблялися до повного зни-

Таблиця 1

Середні значення індексів потужності загальних діапазонів спектра та частоти, що домінувала у кожному з ритмів ЕЕГ до та після прослуховування музики в основній групі ($M \pm m$)

Ритм	До впливу музики		Після впливу музики	
	Потужність спектра (%)	Значення домінуючої частоти (Гц)	Потужність спектра (%)	Значення домінуючої частоти (Гц)
Дельта	16,14 $\pm$ 1,71	1,49 $\pm$ 0,06	9,70 $\pm$ 1,03*	1,41 $\pm$ 0,02
Тета	12,10 $\pm$ 1,11	6,63 $\pm$ 0,34	9,80 $\pm$ 0,66*	7,24 $\pm$ 0,19*
Альфа	47,43 $\pm$ 3,63	10,09 $\pm$ 0,17	52,97 $\pm$ 4,27	10,32 $\pm$ 0,19
Бета	19,64 $\pm$ 1,89	15,73 $\pm$ 0,59	21,49 $\pm$ 2,67	15,73 $\pm$ 0,67
Гамма	4,68 $\pm$ 0,76	45,65 $\pm$ 4,88	6,04 $\pm$ 1,40	43,89 $\pm$ 4,86

Таблиця 2

Середні значення індексів потужності загальних діапазонів спектра та частоти, що домінувала у кожному з ритмів ЕЕГ до та після прослуховування музики у контрольній групі ($M \pm m$)

Ритм	До впливу музики		Після впливу музики	
	Потужність спектра (%)	Значення домінуючої частоти (Гц)	Потужність спектра (%)	Значення домінуючої частоти (Гц)
Дельта	13,87 $\pm$ 1,40	1,59 $\pm$ 0,11	14,30 $\pm$ 1,03	1,44 $\pm$ 0,02*
Тета	17,11 $\pm$ 2,23	7,17 $\pm$ 0,15	14,63 $\pm$ 1,94	7,12 $\pm$ 0,21
Альфа	45,01 $\pm$ 3,53	10,23 $\pm$ 0,30	45,93 $\pm$ 3,53	10,25 $\pm$ 0,28
Бета	21,50 $\pm$ 1,95	15,15 $\pm$ 0,43	21,95 $\pm$ 2,29	15,58 $\pm$ 0,46
Гамма	2,51 $\pm$ 0,36	40,70 $\pm$ 1,30	3,20 $\pm$ 0,52	41,28 $\pm$ 1,18

Примітка до таблиць 1-3: * — $p < 0,05$.

кнення останніх за рахунок "сліпого" розділення вогнищ сигналів (BSS, Blind Source Separation) відповідно до технології ICA — Independent Component Analysis [13] або (за неможливості обробки) виключалися з подальшого аналізу.

З метою з'ясування суб'єктивного ставлення до дії музичного ефекту провадили анкетне опитування піддос-



ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Середні значення зміни показників за даними аналізу опитувальника суб'єктивного ставлення до музичної дії ($M \pm m$)

Показник	Реєстрація показників	Група	
		Основна група	Контрольна група
Самопочуття	До впливу музичного твору	52,3 $\pm$ 3,4	61,3 $\pm$ 5,6
Активність		59,5 $\pm$ 3,3	56,6 $\pm$ 6,9
Настрій		57,9 $\pm$ 3,7	56,1 $\pm$ 7,5
Працездатність		65,1 $\pm$ 3,8	58,3 $\pm$ 7,2
Нервова напруга		39,9 $\pm$ 6,4	53,7 $\pm$ 8,3
Самопочуття	Після впливу музичного твору	70,2 $\pm$ 4,1*	61,4 $\pm$ 5,2
Активність		67,2 $\pm$ 3,7*	54,6 $\pm$ 7,4
Настрій		72,7 $\pm$ 3,5*	60,5 $\pm$ 5,0
Працездатність		75,7 $\pm$ 3,2*	54,9 $\pm$ 6,8
Нервова напруга		20,4 $\pm$ 3,9*	44,5 $\pm$ 11,0

лідних осіб за 5 шкалами спеціального опитувальника: самопочуття, активність, настрій, працездатність, нервова напруга. Структура анкети, яка містила п'ять пар протилежних характеристик, була сформована на основі методики семантичного диференціалу [2]. Кожна шкала мала за максимум 15,0 балів (100%), за мінімум — 0,0 балів (0%). Анкети з 5 шкалами заповнювалися обстеженими особами до та одразу після прослуховування музики.

Статистичний аналіз даних здійснювався за допомогою методів варіаційної статистики з використанням пакета програм Microsoft Excel-2002 і "STATISTICA" 6,0 та розрахунком середніх значень показників, їх стандартного відхилення. Достовірність різниць оцінювали за t-критерієм Ст'юдента.

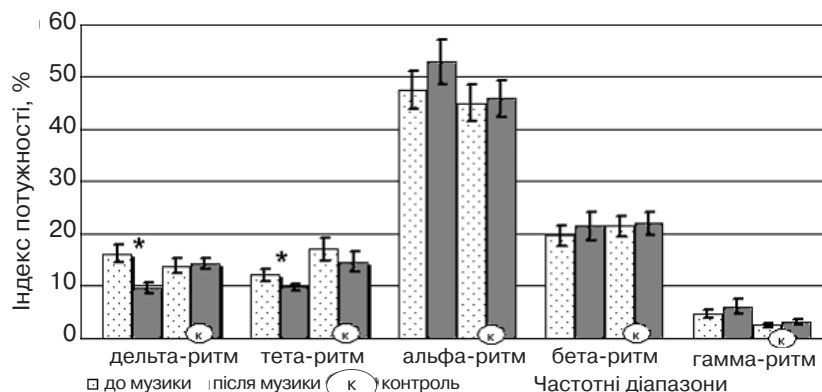
Результати досліджень та їх обговорення. При дослідженні спектральних складових електроенцефалограми

виявлено, що після прослуховування музики з ефектом биття спостерігається значне достовірне зменшення потужності біоелектричної активності у дельта-діапазоні (на 6,44%, $p < 0,05$) та у тета-діапазоні (на 2,3%, $p < 0,05$), а також тенденцію до підвищення в альфа-, бета- та гамма-діапазонах (табл. 1). У

контрольній групі (табл. 2) різниця показників була недостовірною, а тенденції менш виражені, ніж в основній групі, причому у дельта-діапазоні навіть спостерігалася деяка тенденція до зростання (рис. 1).

Також було досліджено частотні коливання у складових кожного спектрального діапазону ЕЕГ. Виявлено, що в основній групі (табл. 1) достовірним був зсув у бік вищих частот, зафіксований у тета-діапазоні, коли після прослуховування музики з ефектом биття середня домінуюча частота достовірно зростала на 0,61 Гц (рис. 2). У контрольній групі (табл. 2) достовірним був зсув у більш низькі частоти у дельта-діапазоні (на 0,15 Гц). У решті спектральних діапазонів в основній групі зсуви були недостовірні з деякою тенденцією зсуву у верхні (альфа-діапазон), та у нижні частоти (гамма- та дельта-діапазон). Окрім цього було зафіксовано незначну тенденцію зсувів до більш високих частот у бета- та гамма-діапазонах, а у тета-діапазоні — до зсувів у

Рисунок 1
Зміни основних ритмів ЕЕГ після прослуховування музики в основній та контрольній групах



Примітка до рисунків 1-4: * — $p < 0,05$.

**EFFECT OF BINAURAL TECHNOLOGY
OF HEMISPHERIC SYNCHRONIZATION AS
FUNCTIONAL MUSIC ON
PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATUS OF HUMAN
Kudievsky Y.V., Kalnish V.V.**

The results of the conducted electro-physiology researches of group of volunteers, which listened to the functional music with the effect of beating, are resulted in the article. Effect was characterized by the improvement of the subjective state (improvement of general state,

mood, capacity to work, decline of nervous tension, increase of activity) and functional state of CNS (decline of delta- and teta-activity, frequency displacement in teta-range aside more high-frequencies, tendency to the increase beta, gamma and alpha-activity).

Key words: the functional state, electroencephalography, the functional music with the effect of beating, the subjective state.

низькі частоти (рис. 3).

За даними аналізу анкет, за 15-бальними шкалами самооцінки (15 балів — як 100%) до і після прослуховування музики (табл. 3) в основній групі було виявлено, що після дії музичного твору достовірно поліпшуються всі суб'єктивні показники, запропоновані в опитувальнику: найбільшою мірою знижувалася нервова напруга (на 19,5%),

поліпшувалося самопочуття (на 17,9%) і настрій (на 14,8%), підвищувалася працездатність (на 10,6%). Найменш виражено підвищувалася активність (на 7,72%). Музична післядія за опитувальником самооцінки у контрольній групі характеризувалася відсутністю достовірних змін. Деякі показники (працездатності та активності) навіть мали тенденцію до зменшення

(зниження на 3,47% та 2% відповідно) (рис. 4).

Аналіз отриманих нами результатів свідчить про позитивний вплив функціональної музики з ефектом биття на стан ЦНС. Післядія характеризується достовірним зниженням потужності дельта-ритму, що свідчить про поліпшення енергообміну, зниження процесів охоронного гальмування і нормалізації функ-

Зміни домінуючої частоти у кожному з ритмів ЕЕГ після прослуховування музики в основній групі

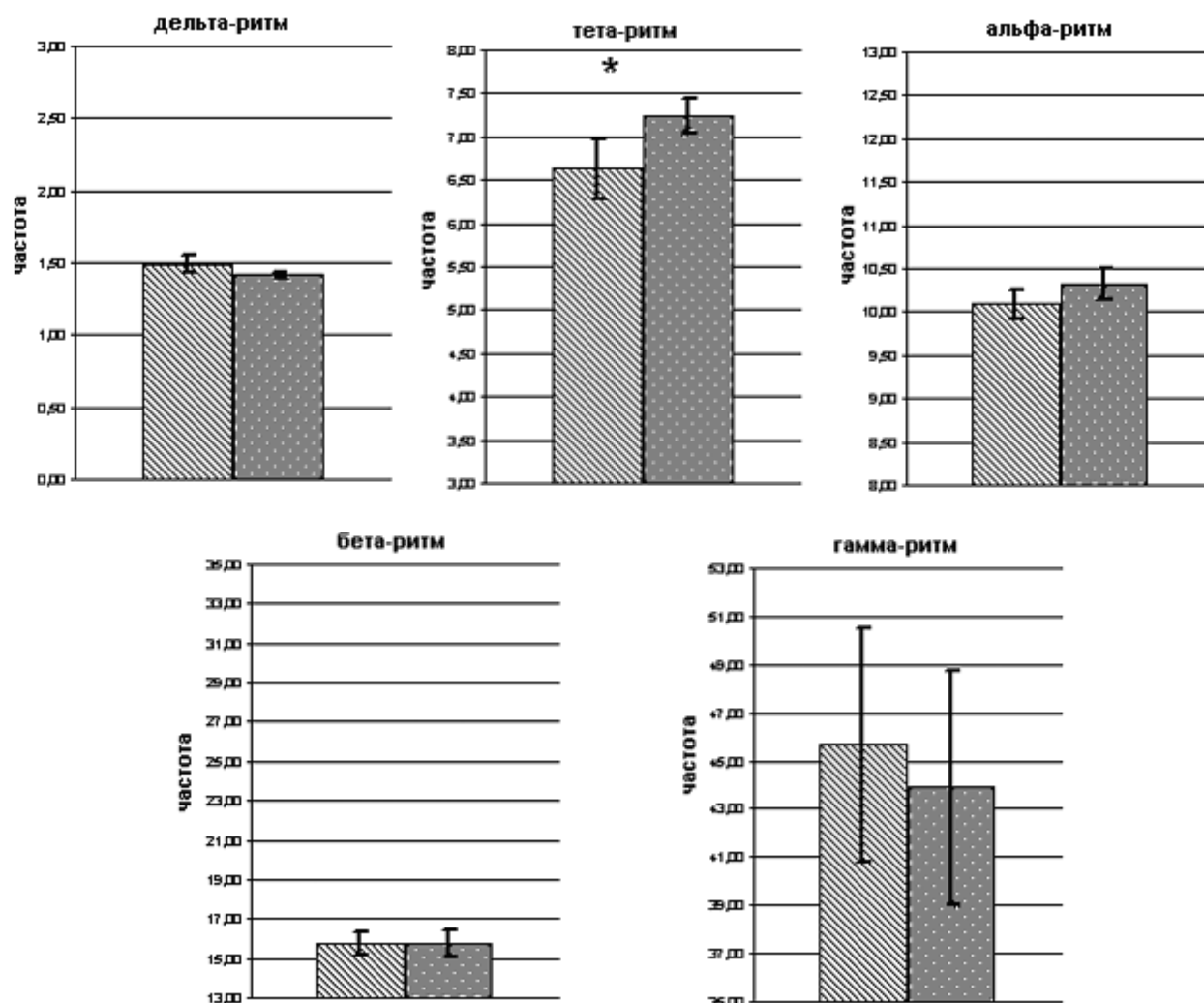
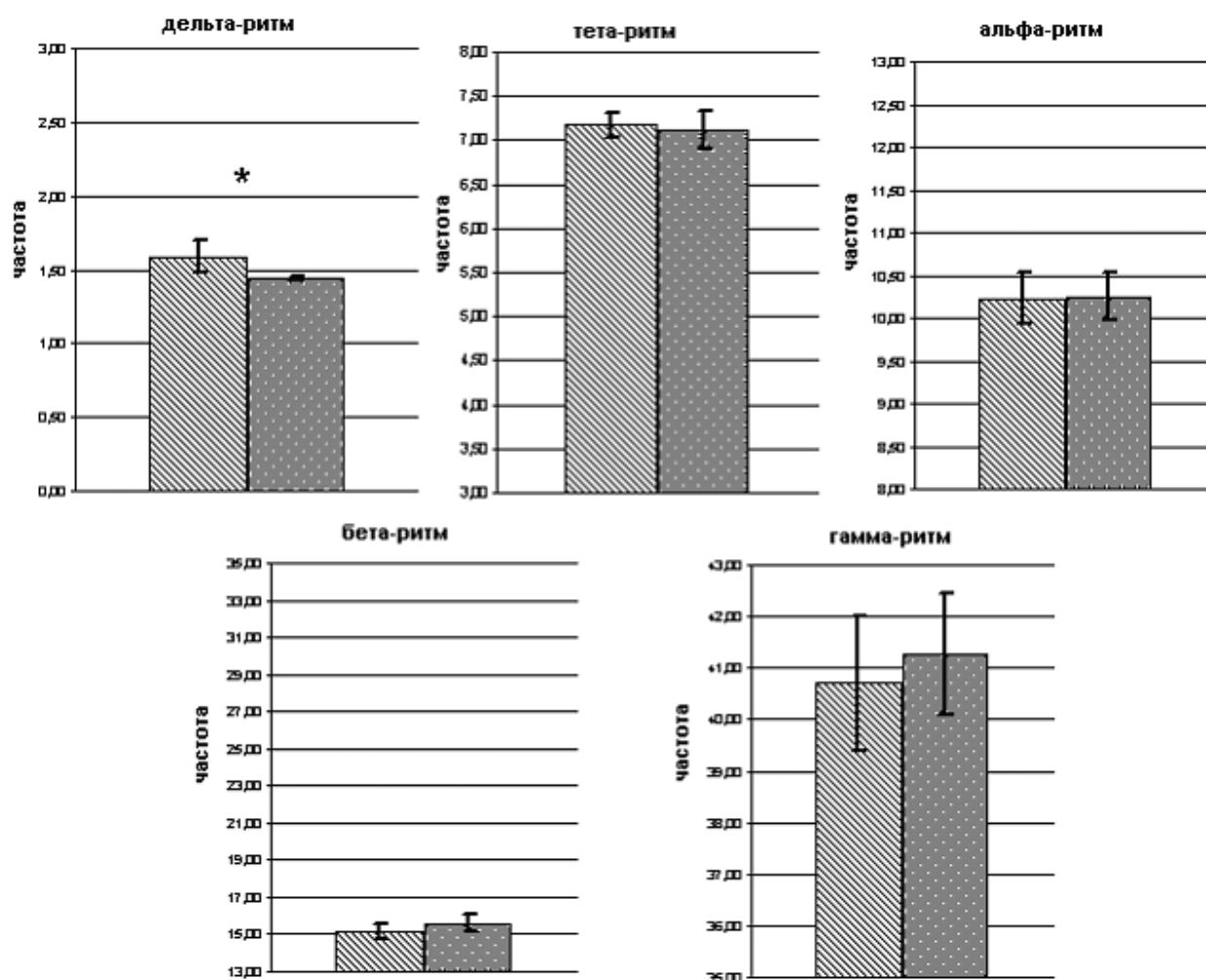


Рисунок 3

Зміни домінуючої частоти у кожному з ритмів ЕЕГ після прослуховування музики у контрольній групі



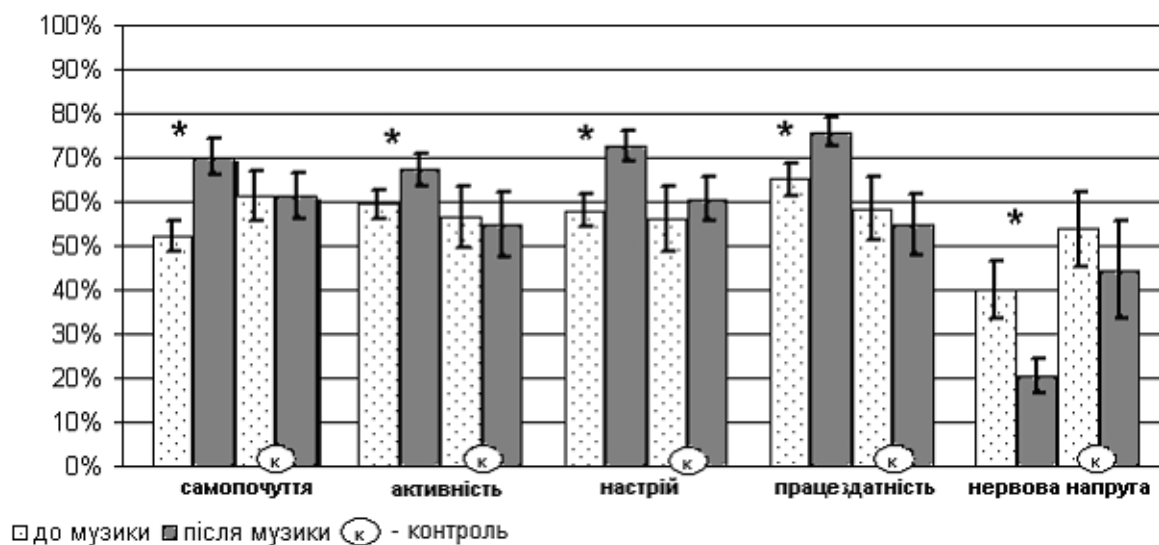
ціонального стану ЦНС, та про зменшення рівня гіпоксемії [4, 6, 7]. Також наявне достовірне зменшення тета-активності, що свідчить про по-

ліпшення функціонального стану ЦНС та про зниження рівня нервово-емоційної напруги і послаблення дії тонізуючих структур головного

мозку [5, 6]. Тенденція до зміни в інших частотних діапазонах (підвищення в альфа-, бета- і гамма-діапазонах) також свідчила про поліпшення

Рисунок 4

Зміни показників до та після прослуховування музики в основній та контрольній групах



прослуховування функціональної музики з ефектом биття може свідчити про поліпшення функціонального стану ЦНС.

Висновки

1. Після прослуховування функціональної музики з ефектом биття біоелектрична активність головного мозку характеризувалася достовірним зниженням потужності у дельта- й тета-діапазоні і тенденцією до підвищення потужності альфа-, бета- та гамма-ритмів. Разом з тим відзначається достовірний зсув частот у тета-діапазоні у бік вищих частот. Це може свідчити про поліпшення енергообміну у ЦНС, зменшення нервово-емоційної напруги та загалом про поліпшення функціонального стану ЦНС.

2. Після прослуховування функціональної музики без ефекту биття (контрольна група) біоелектрична активність головного мозку достовірно не змінювалась. Зафіксований достовірний зсув у бік нижчих частот у дельта-діапазоні та тенденція до збільшення спектральної потужності дельта-діапазону можуть свідчити про превалювання гальмівних процесів у головному мозку та загалом про деяке погіршення функціонального стану ЦНС.

3. Функціональна музика з ефектом биття спричиняє суттєве достовірне поліпшення суб'єктивних оцінок у піддослідних осіб за показниками самопочуття, настрою, працездатності, активності та зменшення відчуття нервової напруги.

ЛІТЕРАТУРА

функціонування структур мозку та формування готовності до роботи [9, 10].

Відсутність достовірних змін у контрольній групі може свідчити про ефект впливу саме функціональної музики, якщо він не забезпечений дією биття. Можливо, це пояснюється тим, що тривале прослуховування звичайної функціональної музики з заплученими очима не спричиняє вираженого поліпшення функціонального рівня ЦНС. Навпаки, в експерименті спостерігалася тенденція до зростання дельта-активності та достовірний зсув у дельта-діапазоні на більш низькі частоти, що може свідчити про виникнення деяких ознак зниження активності кори та розвитку сонливості [4, 6]. Про відмінність дії музики з биттям та без нього свідчать протилежні зміни у межах тета-діапазону — достовірний зсув у бік вищих частот за дії биття та деяка тенденція до зсуву у нижні частоти без ефекту биття у контрольній групі. Таким чином, після прослуховування музики з елементами засвоєння ритму функціональний стан ЦНС суттєво поліпшується.

Електроенцефалографічні дані про оптимізацію функціонування ЦНС підтверджують і дані, отримані за допомогою опитувальника. Достовірне поліпшення всіх показників, зазначених в анкеті, після прослуховування музики з биттям і відсутність достовірних зрушень без нього (спостерігалась навіть тенденція до погіршення працездатності й активності) свідчать про перевагу дії музики з биттям.

Таким чином, отримані результати щодо зміни структури взаємодії ритмів ЕЕГ після

фізіології. — Ленинград: Наука, 1972. — 313 с.

5. Зыбковец Л.Я. Оценка функционального состояния человека в динамике умственной деятельности по показателям тета-активности ЭЭГ // Матер. Всесоюзн. конф. по эргономике "Проблемы функционального комфорта". — Ереван, 1977. — С. 105-106.

6. Колесов С.А. Физиологические особенности приспособления к монотонной работе в режиме ожидания в зависимости от личностных свойств операторов: Автореф. дис. канд. биол. наук. — Нижний Новгород, 1993. — 14 с.

7. Мозговой В.Д. Исследование факторов биоэлектрической деятельности некоторых отделов мозга и их отношение к умственной активности: Автореф. дис. канд. психол. наук. — М., 1973. — 20 с.

8. Мэнли Р. Анализ и обработка записей колебаний. Пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1972. — 367 с.

9. Психофизиология / Под ред. Ю.И. Александрова. — СПб.: Питер, 2004. — 336 с.

10. Сергеев Г.А., Павлова Л.П., Романенко А.Ф. Статистические методы исследования электроэнцефалограммы человека. — Л.: Наука, 1968.

11. Симонов П.В. Что такое эмоция? — М., 1966. — 400 с.

12. Шаптала А.А., Калашников А.А. Влияние функциональной музыки на психофизиологические функции при умственной работе // Гиг. труда и проф. заболевания. — 1978. — № 6. — С. 11-15.

13. Comon P. Independent Component Analysis, a new concept? // Signal Processing. — 1994. — № 3, V. 36. — P. 287-314.

14. Sornson R.O. Using Binaural Beats to Enhance Attention // Hemi-Sync Journal. — 1999. — № 3. — P. 15-23.

15. Nuwer M.R., Comi G., Emerson R. et al. IFCN standards for digital recording of clinical EEG // Electroencephalography and clinical Neurophysiology. — 1998. — V. 106. — P. 259-261.

16. McMurray J.C. Auditory Binaural Beats Enhance EEG-Measured Beta Wave Activity In Individuals With ADHD // Hemi-Sync Journal. — 2004. — P. 295-299.

Надійшло до редакції 25. 12. 2008.