

УДК: 616.248-053.2-071.6-08:612.28
DOI: 10.24061/2413-4260.XIII.4.50.2023.8

ПСИХОСОМАТИЧНІ МЕХАНІЗМИ РЕГУЛЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ У ДІТЕЙ З БРОНХІАЛЬНОЮ АСТМОЮ ПРИ ПРОСЛУХУВАННІ АУДІО СИГНАЛІВ РІЗНОГО КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ

Л. Є. Калашнікова¹, С. А. Найда²,
В. С. Дідковський², В. П. Заєць²,
С. Г. Бартенєв³

Факультет біомедичної інженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»¹, Факультет електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»², Відділення респіраторних хвороб та респіраторної алергії у дітей Інституту педіатрії, акушерства і гінекології НАМН України³ (м. Київ, Україна)

Резюме

Для лікування бронхіальної астми (БА) використовується комплексний підхід, який включає як медикаментозні, так і альтернативні методи, що впливають на психоемоційний стан пацієнта. У зв'язку з цим, одним з методів найпотужнішого психоемоційного впливу на людину є музичний вплив.

Метою даної роботи є вивчення ефективності впливу звукових сигналів різного амплітудно-частотного діапазону на центральні механізми регуляції вентиляційної здатності бронхів хворих на БА.

Матеріал та методи дослідження. У дослідженні взяли участь 25 дітей віком від 9 до 14 років з клінічно виявленою БА. Використано три мелодії різного компонентного складу. Їх амплітудно-частотні характеристики аналізували в середовищі Matlab. Розраховували частку звукової енергії досліджуваних музичних композицій у третинооктавних смугах частот протягом всієї тривалості звукового сигналу.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення IBM SPSS Statistics.

Дослідження проводили відповідно до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації. Схвалення Комісії з біоетики та деонтології (КБД) ДУ «Інститут педіатрії, акушерства та гінекології імені академіка О. М. Лук'янової НАМН України» надано на засіданні КДБ № 2 07.02.2020 р., також для підтвердження схвалення був виданий офіційний лист КБД № 2.6-04/280 від 28.05.2021.

Результати дослідження. Результати дослідження свідчать про те, що найефективніший музичний вплив здійснюється аудіо уривком із «Чарівної флейти» В. А. Моцарта. Встановлено, що під впливом музики підвищуються основні спірографічні показники бронхолегеневої обструкції і, відповідно, змінюються інтегральні характеристики біоелектричної активності головного мозку.

Висновки. Результати дослідження свідчать про достовірну нормалізацію показників спірографії у дітей, хворих на бронхіальну астму під впливом обраних музичних мелодій певної частоти. Ефективність впливу звуку на центральні механізми регуляції вентиляційної здатності бронхів може бути використана з профілактичною та лікувальною метою.

Ключові слова: вентиляційна функція бронхів; амплітудно-частотні характеристики; електроенцефалографія; біоелектрична активність мозку; абсолютна спектральна густина потужності.

Вступ

Бронхіальна астма (БА) – одне з найпоширеніших хронічних запальних захворювань дихальних шляхів (переважно алергічного характеру), основним симптомом якого є напади задухи внаслідок звуження просвіту бронхів, що призводить до хронічного обмеження притоку повітря та набряк слизової оболонки бронхів. Бронхіальна астма невиліковна, але лікування може сповільнити прогресування захворювання [1, 2, 3]. В даний час основою лікування БА є фармакологічні препарати, які дозволяють досягти високого рівня контролю захворювання. З іншого боку, визнано, що психологічні фактори відіграють важливу роль у патогенезі БА [3, 4, 5]. Особливо психологічна складова виражена в дитинстві. Психологічні розлади, які супроводжуються БА, – це тривога, депресія та панічні атаки, а також поведінкові фактори, такі як погана соціальна адаптація та відсутність самоконтролю. Ці симптоми погіршують перебіг основного захворювання та пов'язані з більшою часто-

тою госпіталізації і погіршенням контролю проявів БА, а також суттєво впливають на якість життя, працездатність та соціальну активність пацієнтів [5].

У патологічний процес астми втягуються нервова, ендокринна та імунна системи, які інтегрують процеси життєдіяльності організму. Недостатність органних механізмів ауторегуляції та резистентності до БА зумовлює схильність до реалізації центральних патогенних впливів. Порушення функції центральної нервової системи у хворих на БА відзначаються як під час загострення, так і в період після нападу.

Тому в лікуванні БА використовується комплексний підхід, що включає препарати та методи, які впливають на психоемоційний стан хворого [6, 7, 8].

Останнім часом значні зусилля спрямовуються на розробку психологічних методів впливу, здатних впоратися з проблемами психоемоційної складової БА. В клінічній практиці доведена ефективність таких психологічних методів впливу, як гіпноз, когнітивно-поведінкова та ре-

лаксаційна терапія. Ці методи впливу на психоемоційний стан призводять до покращення якості життя та зниження рівня тривожності, контролюють симптоми БА [7, 9, 10].

Емоційна реакція людини відображається у зміні показників електроенцефалограми (ЕЕГ) головного мозку, що проявляється у зміні співвідношення таких основних ритмів, як дельта, альфа та бета [11, 12, 13]. Об'єктивізація психоемоційного стану пацієнта, як відомо, полягає в оцінці рівня альфа-активності мозку, оскільки відомо, що такий психоемоційний стан, як тривога, супроводжується пригніченням альфа-ритму [11, 14]. Ці хвилі згасають при переживанні страху та депресії. А підвищення потужності таких ЕЕГ-сигналів, як альфа- та тета-ритми свідчить про нормалізацію психосоматичного статусу хворого [11, 14, 15].

Одним із методів найпотужнішого психоемоційного впливу на людину є музичний вплив [16, 17]. Тому, даний метод може бути включений до релаксаційної терапії та може бути частиною психопедагогічної комплексної програми лікування та реабілітації дітей з БА [8, 10].

Раніше в якості лікувального методу музику використовували для співу або виконання музичних творів за допомогою гри на духових інструментах з метою тренування м'язів, що відповідають за роботу дихальної системи. Музика не використовувалася для впливу на психологічний стан дітей з астмою [7, 8, 9, 10].

Дослідження впливу звукових сигналів (музичних фрагментів) на організм людини з метою покращення психоемоційного стану слухачів почали систематично проводити з 2012 року під керівництвом професора Дідковського В. С. та Калашнікової Л. Є. на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» спільно з відділенням респіраторних захворювань та респіраторної алергії у дітей Інституту педіатрії, акушерства і гінекології НАМН України під керівництвом Баргенева С. Г.

Отримані результати засвідчили підвищення уваги слухачів – студентів кафедри акустичних і мультимедійних електронних систем – під час прослуховування спеціально підібраних музичних фрагментів в перервах між першою і другою, а особливо між третьою і четвертою університетськими парами.

Крім того, у 2016 році на базі Інституту педіатрії, акушерства та гінекології почалися дослідження впливу звукових сигналів на перебіг БА у дітей. Основні результати цієї роботи представлені в цій статті.

Нами запропоновано немедикаментозний метод, який сприяє активізації резервно-приспосувальних можливостей організму хворих на БА, що дозволяє вивчити ефективність лікувального впливу музики на вентиляційну функцію бронхів при БА.

Мета роботи – вивчити ефективність впливу звукових сигналів різного амплітудно-частотного діапазону на центральні механізми регуляції вентиляційної здатності бронхів у хворих на БА.

Матеріал та методи дослідження

Відповідно до мети дослідження, вивчалися як спектральні характеристики біоелектричної активності

головного мозку, так і функціональні показники бронхіального дерева під впливом звукових сигналів. Дане дослідження є продовженням наукової роботи [18] щодо обґрунтування ефективності методу музичної корекції вентиляційної функції бронхів.

У дослідженні взяли участь 25 осіб – дітей віком від 9 до 14 років з клінічно виявленим бронхоспазмом, що супроводжувався помірною вентиляційною недостатністю обструктивного типу до бронхоспазму. Діти лікувались у відділенні пульмонології Інституту педіатрії, акушерства та гінекології НАМН України. Дослідження проводилося з дотриманням усіх принципів біомедицинської етики. Дослідження проводили відповідно до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації. Схвалення Комісії з біоетики та деонтології (КБД) ДУ «Інститут педіатрії, акушерства та гінекології імені академіка О. М. Лук'янової НАМН України» надано на засіданні КДБ № 2 07.02.2020 р., також для підтвердження схвалення був виданий офіційний лист КБД № 2.6-04/280 від 28.05.2021.

З метою корекції дихальної функції, на психоемоційний стан обстежуваних впливали за допомогою наступних музичних фрагментів: «Шум океану» – аудіофрагмент 1, «Колискова» В. А. Моцарта – аудіофрагмент 2, «Чарівна флейта» В. А. Моцарта – аудіофрагмент 3. Запропоновані музичні фрагменти – це аудіостимули різного компонентно-структурного складу, які відрізняються мелодичною складовою та швидкістю відтворення. В якості стимулюючого сигналу обрано музику Моцарта, виходячи з відомого в літературі факту, що музика Моцарта допомагає більшості людей із сильним психоемоційним напруженням [19]. Це явище називають «ефектом Моцарта». Особливості впливу музики Моцарта на електричну активність мозку вивчали в двох напрямках: частота зміни ритму і, власне, частота звуку. Проте, в літературі відсутні дані про зв'язок амплітудно-частотних характеристик творів Моцарта з психосоматичними функціями організму.

У даній роботі досліджено амплітудно-частотний склад використовуваних звукових сигналів. Спектральний аналіз проводили за допомогою програмного пакета прикладних програм Matlab, який розраховував частку звукової енергії досліджуваних музичних композицій у частотних смугах однієї третини октави протягом всієї тривалості звукового сигналу.

Для дослідження електрофізіологічних показників центральної нервової системи використовували метод електроенцефалографії (ЕЕГ) [18]. Реєстрацію ЕЕГ проводили монополярно за допомогою комп'ютерного електроенцефалографа «Нейроскоп-416» (НПФ «Біола», Україна) та срібних чашкових електродів, розташованих у відведеннях за міжнародною системою «10-20» по 16 каналах (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, T3, T4, T5, T6, C3, C4, P3, P4, O1, O2). Реєстрацію ЕЕГ проводили в смузі пропускання від 0,5 до 70,0 Гц. Заземлюючий електрод був розміщений на лобі суб'єкта.

В якості кількісних параметрів електроенцефалограми використовували абсолютну спектральну густину потужності (СПП). Спектральний аналіз ЕЕГ проводили за допомогою алгоритму швидкого пере-

творення Фур'є для розрахунку СГП у стандартних діапазонах фізіологічних частот основних ритмів мозку: альфа, бета, тета, дельта [2, 20]. Для реєстрації та обробки ЕЕГ використовували ліцензійне програмне забезпечення комп'ютерного електроенцефалографа Нейроскоп-416.

При реєстрації ЕЕГ хворий перебував у звукоізоляційній камері в стані спокійного неспання із закритими очима. Дослідження проводили в комфортній обстановці, вранці, в положенні сидячи. На початку кожного обстеження 3 хвилини записували ЕЕГ у стані спокійного неспання із закритими очима за відсутності будь-яких звукових подразників. Ці дані вважалися довідковими. У наступній частині дослідження ЕЕГ записували, коли обстежуваний прослуховував різні звукові стимули. Сигнали відтворювали бінаурально, джерела звуку піднімали за допомогою вакуумних навушників. Параметрами завантаження були послідовності аудіосигналів, згенерованих на комп'ютері. Кожен звуковий сигнал випробовуваний прослуховував три рази в десятихвилинному стані спокійного неспання з закритими очима без звукових сигналів між звуковими стимулами.

Для оцінки функціонального стану дихальної системи використовували метод спірографії – метод графічної реєстрації змін легневих об'ємів при виконанні природних і форсованих дихальних рухів [21].

У дослідженні використовували спірографічний комплекс відкритого типу «Спіро-Спектр» (ХАІ-Медика, Україна). При проведенні досліджень буди дотримані основні вимоги до спірографічних досліджень [2, 21]. Розрахунок спірографічних показників та їх нормативних значень проводили за допомогою програмного забезпечення «Спіроком- Standard».

Функціональні зміни при БА пов'язані зі зниженням основних спірометричних показників швидкості, що відображають ступінь бронхіальної обструкції (БО), а саме:

- Форсована життєва ємність легень – обсяг повітря, що видихається при максимально швидкому і сильному видиху (ФЖЄЛ, л).
- Об'єм повітря, що видихається протягом першої секунди форсованого видиху (ОФВ1, л).
- миттєва об'ємна швидкість після видиху 25 %, 50 %, 75 % ФЖЄЛ, що відраховуються від початку видиху (МОШ25, МОШ50, МОШ75 відповідно, л/с).
- Індекс Тіффно (ОФВ1/ФЖЄЛ, %).

Ці показники є діагностичним критерієм бронхіальної обструкції (БО) і використовуються для визначення ступеня тяжкості БО [2].

Розрахунок швидкісних показників має велике значення при виявленні ознак бронхообструкції. Зниження індексу Тіффно і ОФВ1 є характерним симптомом захворювань, які супроводжуються зниженням бронхіальної прохідності.

Показники МОШ використовуються в діагностиці початкових проявів БО. МОШ75 відображає прохідність великих бронхів. МОШ25-50 відображає стан прохідності дрібних бронхів і бронхіол, що характеризує ранні стадії порушення вентиляційної функції.

Статистичний аналіз. Для оцінки статистичної значущості використовували t-критерій незалежної вибірки та U-критерій Манна-Уїтні, відповідно до типу даних, що аналізуються. Дані були проаналізовані за допомогою програмного забезпечення IBM SPSS Statistics 19. Точність відмінностей у рівнях СГП на ЕЕГ (фон і під час впливу музики) для кожного суб'єкта оцінювали U-тестом Манна-Уїтні. Статистичну достовірність показників U-критерію Манна-Уїтні оцінювали при $p=0,05$. Достовірність значень рівнів СГП ЕЕГ для всієї групи досліджуваних оцінювали за критерієм Стьюдента ($p<0,05$) [20, 22, 23].

Результати дослідження та їх обговорення

Для аналізу внеску згаданих аудіосигналів у фізіологічну реакцію була використана частка сумарної звукової енергії кожного частотного діапазону досліджуваних музичних фрагментів. Цей показник об'єднує всі музичні твори в одну групу – звукові подразники різного амплітудно-частотного діапазону.

Відсоток звукової енергії вибраних музичних композицій у третиноктавних смугах частот розраховували за допомогою програмного забезпечення Matlab (рис. 1).

За значеннями звукової енергії музичних фрагментів усі досліджувані частоти звукового діапазону можна розділити на три групи: низькі (НЧ), середні (СЧ) і високі частоти (ВЧ) відповідно до частотного діапазону, який сприймає людське вухо. Для низьких частот типові частоти становлять приблизно від 50 Гц до 315 Гц, для середніх частот типові частоти становлять приблизно від 315 Гц до 3 кГц, а для високих частот типові частоти є приблизно від 3 кГц до 16 кГц.

На рисунку 1 наведено графік розподілу частки звукової енергії в третиноктавних смугах протягом звукового впливу (рис. 1).

З графіків на рисунку 1 випливає, що у музичному фрагменті 1 домінує відсоток звукової енергії на низьких частотах порівняно із середніми та високими частотами, які також присутні в цьому музичному фрагменті. У музичному фрагменті 2 домінує низькочастотна складова на фоні відсутності середніх і високих частот. Музичний фрагмент 3 не містить високочастотних звукових сигналів, але цей фрагмент містить низькі та середні частоти з низьким відсотком звукової енергії.

Клініко-психологічне дослідження впливу музики на вентиляційну функцію легень проводили в два етапи. На кожному етапі дослідження брали участь хлопчики та дівчатка віком від 9 до 14 років.

У першому етапі обстеження брали участь 25 дітей з клінічно встановленою БА. За даними спірографії у дітей на момент дослідження діагностовано порушення вентиляційної функції бронхолегеневої системи обструктивного характеру середнього ступеня тяжкості.

Спочатку досліджувався вплив музики на показники електричної активності мозку, а саме СГП ритмів мозку (альфа, бета, дельта, тета ритмів) по відношенню до фонових значень ЕЕГ при прослуховуванні досліджуваних звукових сигналів. Результати цієї серії досліджень представлені в таблиці 1.

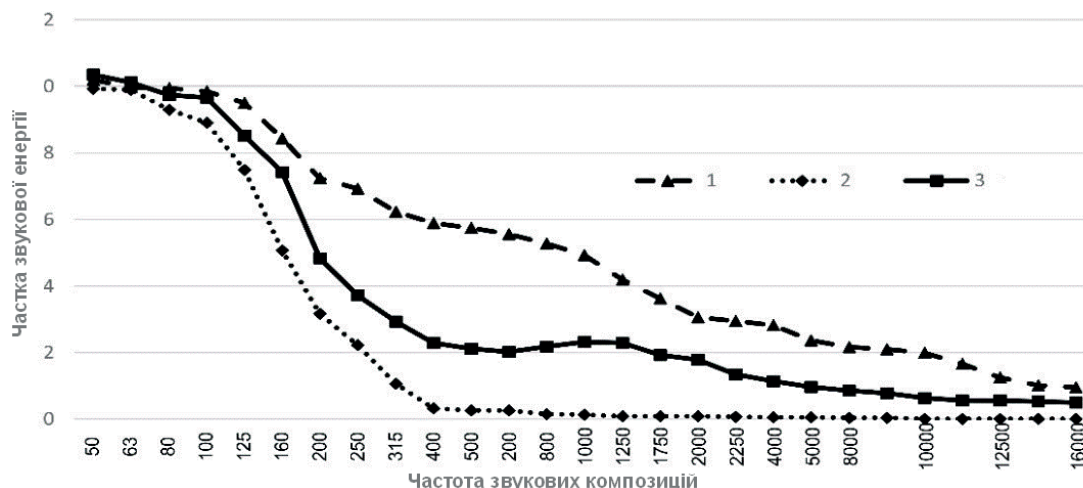


Рис. 1. Графік розподілу частки звукової енергії в третьоктавних смугах протягом звукового впливу. Ордината: частка звукової енергії. Абсциса: частота звукових композицій. Графік: рядок 1 – аудіофрагмент 1, рядок 2 – аудіофрагмент 2, рядок 3 – аудіофрагмент 3

Таблиця 1

Зміна СГП ритмів головного мозку під впливом звукових сигналів (n=25, M±m)

Показники	Середнє значення показників СГП											
	Під впливом аудіосигналу											
	№ 1				№ 2				№ 3			
	Основні ритми мозку				Основні ритми мозку				Основні ритми мозку			
	α	β	θ	δ	α	β	θ	δ	α	β	θ	δ
До прослуховування	25,3 ±0,8	39,0 ±1,6	36,3 ±1,5	27,7 ±3,2	18,3 ±2,1	45,0 ±2,5	18,0 ±1,7	22,3 ±1,5	32,3 ±1,5	50,3 ±1,9	44,6 ±3,1	35,8 ±0,8
Під час прослуховування	28,1 ±0,2	32,5 ±1,6	34,3 ±1,5	31,4 ±3,2	22,3 ±2,1	42,0 ±2,5	15,0 ±1,7	18,3 ±1,5	47,7 ±2,5	39,6 ±1,9	36,5 ±3,1	25,3 ±0,8
Після прослуховування	27,5 ±0,9	31,0 ±1,6	32,5 ±1,5	33,7 ±3,2	23,3 ±2,1	36,3 ±2,5	16,0 ±1,7	21,3 ±1,5	43,5 ±2,5	42,3 ±1,9	37,6 ±3,1	26,3 ±0,8

Примітка: достовірність відмінностей показників функції зовнішнього дихання обстежених за критерієм Стьюдента склала $p < 0,05$.

Після прослуховування кожного музичного твору вивчався вплив обраних музичних творів на вентиляційну функцію бронхів.

Розвиток бронхіальної прохідності оцінювали за даними спірографії, які свідчать про ефективність впливу музичного звукового сигналу на вегетативну регуляцію тону м'язу гладкої мускулатури бронхіального дерева.

До прослуховування музичних фрагментів спірографічні показники вентиляційної функції були на 10-30 % нижчими від контрольних. Після прослуховування звукових сигналів показники, обрані для характе-

ристики функції дихання, нормалізувалися у $68 \pm 1,1$ % обстежених першої групи (група А). У досліджуваних другій групі показники становили $32 \pm 1,1$ % (група Б) і не було достовірного покращення функції вентиляції після прослуховування музичних фрагментів.

У першій групі – групі А – вплив звукових фрагментів, що прослуховуються, призводить до нормалізації показників вентиляційної функції легень, результати дослідження представлені в таблиці 2.

Розподіл змін показників форсованого дихання у досліджуваних наведено на рисунку 2.

Таблиця 2

Абсолютні зміни показників спірографії під впливом звукових сигналів (n=25, M±m)

Показники форсованого видиху	Середнє значення показників форсованого видиху	Середнє значення показників форсованого видиху	Середнє значення показників форсованого видиху	Середнє значення показників форсованого видиху	Референтні значення
		Під впливом аудіосигналу			
		№ 1	№ 2	№ 3	
ФЖЄЛ	63,5±2,17	73,5±2,35	75,5±1,07	88,5±1,07	100-80 %
ОФВ1	59,9±2,02	75,9±1,92	71,9±1,25	78,9±2,92	100-80 %
Індекс Тіффно	58,4±2,19	70,4±2,19	66,4±2,19	73,4±2,19	100-75 %
МОШ25	45,5±2,32	58,5±2,82	50,5±2,82	69,5±2,82	100-55 %
МОШ50	60,2±2,05	65,2±2,05	65,2±2,05	72,2±2,05	100-65 %
МОШ75	55,5±1,04	62,5±1,24	58,5±2,14	70,5±1,55	100-60 %

Примітка: достовірність відмінностей показників функції зовнішнього дихання обстежених за критерієм Стьюдента склала $p < 0,05$.

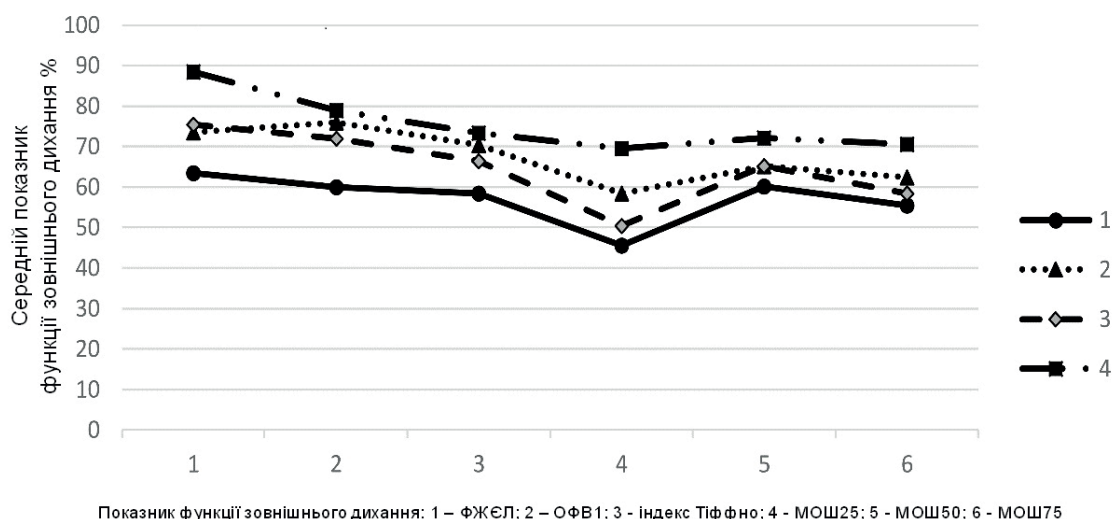


Рис. 2. Порівняльний аналіз показників спірографії у обстежених дітей до та після впливу різноманітних звукових сигналів: 1 – до прослуховування; 2 – аудіофрагмент 1; 3 – аудіофрагмент 2; 4 – аудіофрагмент 3. По осі абсцис – показник функції зовнішнього дихання: 1 – ФЖЄЛ; 2 – ОФВ1; 3 – індекс Тіффно; 4 – МОШ25; 5 – МОШ50; 6 – МОШ75. Ордината: середній показник форсованого видиху

Аналіз отриманих результатів показав, що тільки при прослуховуванні музичного фрагменту 3 спостерігалися зміни вентиляційних показників до референтних значень у 100 % обстежених.

На другому етапі вивчали особливості музичного впливу на дітей з бронхолегеневою патологією. На цьому етапі дослідження в якості фактору музичного впливу використовувався аудіофрагмент 3, який продемонстрував найбільшу ефективність нормалізації параметрів вентиляції.

У даному етапі дослідження брали участь 25 дітей із синдромом гіперреактивності бронхів, у яких за даними спірометрії діагностовано обструктивну вентиляційну недостатність легкого та середнього ступеня тяжкості. На даному етапі досліджували вплив музичного фрагменту 3 на вентиляційну функцію легень та

показники електричної активності головного мозку дітей, у яких первинно не було діагностовано БА. Результати наведені в таблиці 3.

У результаті дослідження виділено дві групи дітей за реакцією на вплив звукового сигналу 3. До першої групи (I група) увійшли 16 дітей, у яких не виявлено статистично значущих відхилень від клінічно нормативних спірографічних показників. У дітей цієї групи БА не діагностовано. В анамнезі у дітей спостерігалися різні форми соматичних змін з боку бронхолегеневої системи. У дітей цієї групи під впливом досліджуваного музичного фрагменту не виявлено статистично значущих змін величини СГП ритмів головного мозку.

У дітей II групи (група II), яка складалася з 9 дітей, спостерігалася статистично достовірне покращення показників спірографії. У дітей цієї групи діагностовано БА.

Таблиця 3

Абсолютні зміни показників спірографії під впливом звукових сигналів, контрольна група – діти з синдромом гіперреактивності (n=25, M±m)

Показники спірографії	Середні значення спірографії (n=25)	Середні значення спірографії Група I (n=16) / Група II (n=9)		Референтні значення
		Під впливом аудіосигналу 3		
ФЖЄЛ	70,2±2,07	67,5±3,76	80,1±2,23	100-80 %
ОФВ1	58,0±1,64	57,8±2,47	79,4±3,03	100-80 %
Індекс Тіффно	63,4±2,19	66,4±2,19	73,4±2,19	100-75 %
МОШ25	53,6±1,97	54,8±2,25	58,5±2,82	100-55 %
МОШ50	57,5±1,52	54,8±2,25	67,1±3,05	100-65 %
МОШ75	61,4±2,06	59,4±1,95	69,4±2,37	100-60 %

Примітка: достовірність відмінностей показників функції зовнішнього дихання обстежених за критерієм Стьюдента склала $p < 0,05$.

Аналіз отриманих результатів показав, що лише при прослуховуванні музичного фрагменту 3 у 100 % обстежених відмічено покращення стандартних спірометричних показників вентиляції до еталонних значень.

Аналіз СГП ритмів головного мозку у дітей цієї групи при прослуховуванні музичного фрагменту 3 вказує на підвищення значення СГП α -ритму в середньому на $46,5 \pm 3,6$ %. Зміна СГП інших ритмів по відношенню до показників БЕГ менш виражена і для

θ-ритму демонструє зниження на $14,5 \pm 2,8$ %, а для δ-ритму на $12,3 \pm 3,5$ %. Бета-активність головного мозку (β-ритм) знизилася на $22,5 \pm 2,1$ %.

Відомо, що серед усіх ритмів ЕЕГ найбільш стабільними характеристиками психоемоційного стану людини є зміни СГП α- і β-ритмів головного мозку. Встановлено, що α-ритм гальмується під час емоційних переживань, а посилення потужності β-ритмів відбувається на тлі розвитку стресової для особистості ситуації. Щодо δ- і θ-ритмів, то, незважаючи на відсутність даних про функціональне значення частот цих ритмів в емоційній поведінці людини, є факти, які дозволяють розглядати ці ритми як ЕЕГ-кореляти психофізіологічної спрямованості людини. Відомо, що підвищення потужності θ-ритму є показником емоційного збудження, а підвищення потужності δ-ритму на фоні депресії СГП α-ритму відображає розвиток стресової реакції. Таким чином, можна використовувати зміни електричних характеристик мозкової діяльності як індикатори реалізації психоемоційної реакції організму на музичний вплив.

Ефективність досліджуваних музичних фрагментів як психоемоційного чинника оцінювали за змінами СГП основних ритмів головного мозку, насамперед α- та β-ритмів.

За результатами дослідження аудіофрагмент 1, де високочастотні складові звукового сигналу незначні, а енергія звукового сигналу зосереджена переважно на низьких і середніх частотах, практично не змінює СГП досліджуваних ритмів головного мозку: α-, β-, θ- і δ-ритми змінені в 1,1; 0,83; 0,94; 1,13 рази відповідно.

Аудіофрагмент 2, де присутні переважно низькі частоти, як і перший аудіофрагмент, також практично не змінив СГП досліджуваних ритмів мозку. СГП мозкових ритмів β-, θ- та δ змінено на 0,9; 0,8; 0,8 рази відповідно. Під впливом цього звукового сигналу зміна α-ритму виражена більш значно в 1,2 рази, що відповідає збільшенню ритму СГП на $20,0 \pm 2,2$ % ($p=0,05$).

Аудіофрагмент 3, уривок з «Чарівної флейти» В. А. Моцарта, має найефективніший музичний вплив. Він не містить звукових сигналів високої частоти, але цей фрагмент містить низькі та середні частоти з низьким відсотком звукової енергії. При прослуховуванні аудіофрагменту 3 відмічається найбільш суттєва зміна СГП досліджуваних ритмів головного мозку: α-, β-, θ- та δ-ритми змінені у 1,49; 0,69; 0,81; 0,74 відповідно.

СГП α-ритму зростає в середньому на $49,0 \pm 2,0$ % ($p<0,05$) і водночас СГП β-ритму знижується на $31,0 \pm 3,6$ % ($p<0,05$). Під впливом цього аудіофрагменту СГП інших ритмів головного мозку змінилася таким чином: СГП θ- і δ-ритмів знизилася на $19,0 \pm 3,1$ % ($p<0,05$) і на $29,0 \pm 0,8$ % ($p<0,05$) відповідно.

Оскільки показниками психоемоційного стану людини є, насамперед, зміни СГП α- та β-ритмів головного мозку, можна зробити висновок, що аудіофрагмент 3 призводить до зниження емоційної напруги через підвищення СГП α-ритму, а з іншого боку, шляхом зменшення СГП β-ритму. Поєднана зміна активності цих ритмів призводить до балансу між збудженням і гальмуванням в емоційних переживаннях.

Відповідно до мети даного дослідження ми вивчали ефективність впливу досліджуваних музичних фрагментів як психоемоційного фактора на вентиляційну функцію бронхів у хворих на БА.

До прослуховування музичних фрагментів спірографічні показники вентиляційної функції були на 10-30 % нижчими від контрольних. Дані спірографії свідчать про покращення бронхіальної прохідності у $68,0 \pm 1,1$ % обстежених (група А) на фоні впливу звукових сигналів. Музичний вплив різною мірою призводив до нормалізації вентиляційної функції (рис. 3). При прослуховуванні аудіофрагменту 3 у 100 % обстежених групи А відзначено достовірне покращення стандартних показників спірометричної вентиляції до еталонних.

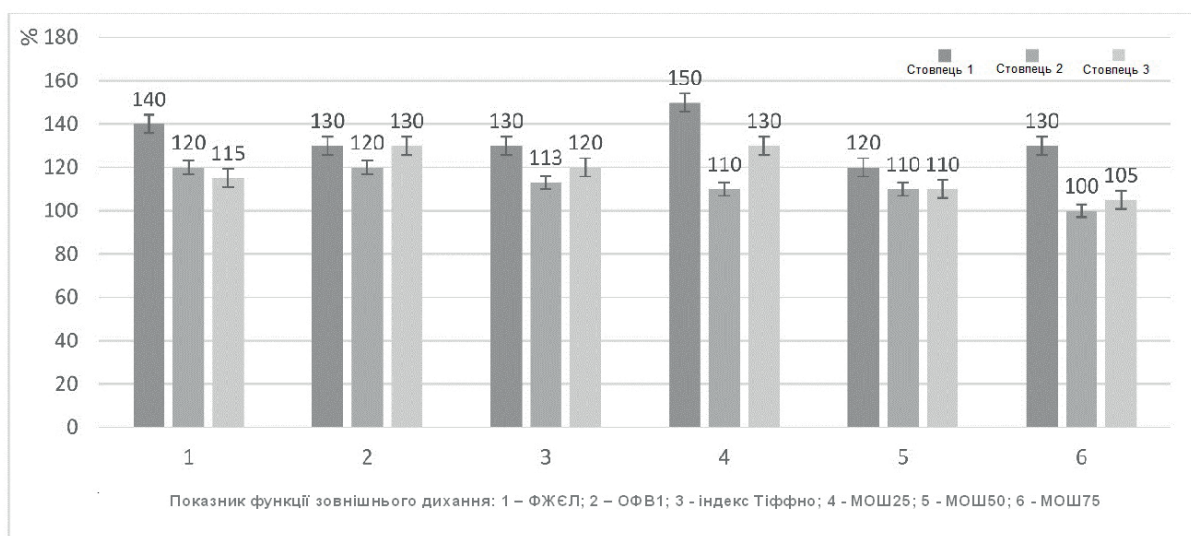


Рис. 3. Відносні зміни спірографічних показників під впливом аудіофрагментів.
Абсциса: 1 – ФЖЕЛ; 2 – ОФВ1; 3 – индекс Тіффно; 4 – МОШ25; 5 – МОШ50; 6 – МОШ75.
Стовпець 1 позначає аудіофрагмент 3, стовпець 2 позначає аудіофрагмент 1, стовпець 3 позначає аудіофрагмент 2

Вивчення особливостей музичного впливу на дітей, у яких за даними спірометрії діагностовано обструктивну вентиляційну недостатність легкого та середнього ступеня тяжкості, проводилось за допомогою аудіофрагмента 3, який, як встановлено, не лише підви-

щив спірографічні показники у 100 % досліджуваних, а й значно підвищилися всі досліджувані спірографічні показники в бік референтних значень.

У пацієнтів з діагнозом БА виявлено покращення дихальної функції (рис. 4).

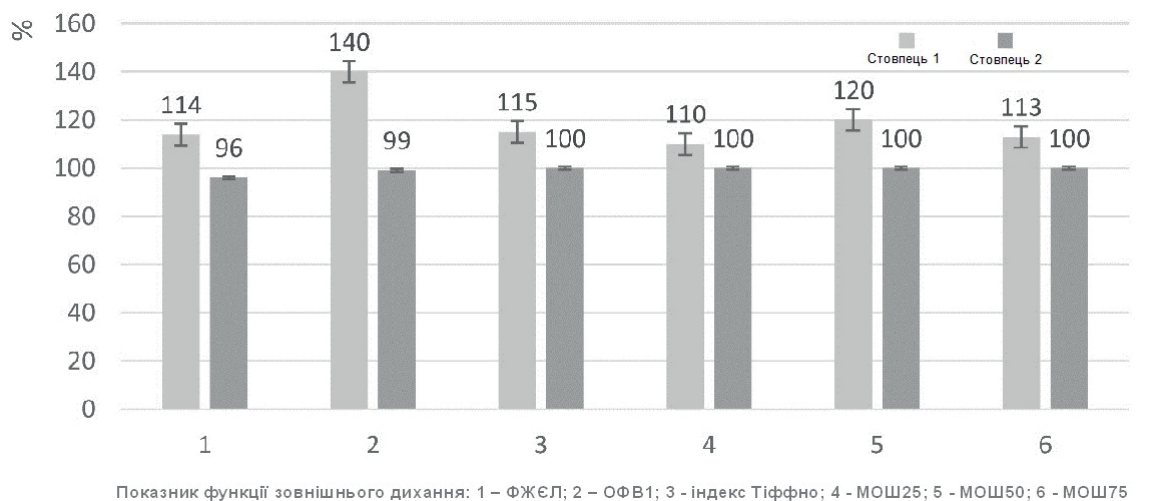


Рис. 4. Відносні зміни спірографічних показників під впливом аудіофрагментів у групі дітей, в яких за даними спірометрії діагностовано обструктивну вентиляційну недостатність легкого та середнього ступеня тяжкості. Абсциса: 1 – ФЖСЛ; 2 – ОФВ1; 3 – індекс Тіффно; 4 – МОШ25; 5 – МОШ50; 6 – МОШ75. Стовець 1 позначає дітей з діагнозом БА (група Б), стовець 2 – дітей без БА

Встановлено, що у дітей цієї групи після прослуховування аудіофрагменту 3 відмічено достовірне покращення спірографічних показників на фоні збільшення СГП альфа-ритму мозку, що може свідчити про зниження психоемоційного напруження. З іншого боку, спостерігалось зниження ритмів СГП, які відповідають за такі почуття, як страх, тривога та депресія.

Таким чином, зміна активності основних ритмів мозку (α - і β -ритмів) під впливом звукових сигналів з переважанням низьких і середніх частот (аудіофрагмент 3) викликає баланс між збудженням і гальмуванням в емоційному переживанні і сприяє нормалізації функції зовнішнього дихання у дітей з БО.

Висновки

1. В Україні вперше розпочато системне дослідження впливу звукових сигналів на організм людини з рекреаційною метою, а саме для лікування бронхіальної астми у дітей.

2. Звуковий вплив викликає зміну абсолютної спектральної густини потужності мозкових ритмів у дітей,

хворих на бронхіальну астму з переважанням нервово-вегетативних і психосоматичних розладів.

3. Достовірна нормалізація показників спірографії у дітей з бронхіальною астмою під впливом обраних музичних мелодій певної частоти свідчить про позитивний вплив на рефлекторний ланцюг, який складається з послідовно взаємодіючих центральної та вегетативної нервових систем. Результатом такої взаємодії є розширення гладкої мускулатури бронхів і купірування бронхоспазму.

4. Зміни активності α - і β -ритмів під впливом звукових сигналів з переважанням низьких і середніх частот (аудіофрагмент 3) сприяють нормалізації функції зовнішнього дихання у дітей, хворих на бронхіальну астму, шляхом зниження психоемоційного стресу.

5. В подальшому при розробці реабілітаційних програм для дітей з різним ступенем тяжкості бронхіальної астми можливе введення музикотерапії в такі програми з метою впливу на психоемоційний стан хворого.

Література:

1. Brill SR, Patel DR, MacDonald E. Psychosomatic disorders in pediatrics. *Indian J Pediatr.* 2001;68(7):597-603. doi: 10.1007/BF02752270
2. Ostrovskyy MM, Kulynych-Miskiv MO, Korzh GZ et al. Pulmonary Disease: study guide for the English students of higher educational institutions of IV accred. levels. Ivano-Frankivsk: IFNMU; 2014.
3. Беш ЛВ. Бронхіальна астма у дітей. Здоров'я дитини [Інтернет]. 2012[цитовано 2023 Жов 30];8(43). Доступно: http://www.mif-ua.com/archive/article_print/34983
4. McGeachie MJ. Childhood asthma is a risk factor for the development of chronic obstructive pulmonary disease. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2017;17(2):104-9. doi: 10.1097/ACI.0000000000000348
5. Ribeiro JD, Fischer GB. Chronic obstructive pulmonary diseases in children. *J Pediatr (Rio J).* 2015;91(6S1): S11-25. doi: 10.1016/j.jpeds.2015.06.003
6. Bradt J, Dileo C, Potvin N. Music for stress and anxiety reduction in coronary heart disease patients. *Cochrane Database Syst Rev [Internet].* 2013[cited 2023 Oct 28]; 2013(12): CD006577. Available from: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD006577.pub3/full> doi: 10.1002/14651858.CD006577.pub3

7. Mainka S, Spintge R, Thaut MH. Music Therapy in Medical and Neurological Rehabilitation Settings. In: Hallam S, Cross I, Thaut M, editors. *The Oxford Handbook of Music Psychology*. 2nd ed. Oxford University Press; 2016. p. 857-74 doi: 10.1093/oxfordhb/9780198722946.013.51
8. Kew KM, Nashed M, Dulay V, Yorke J. Cognitive behavioural therapy (CBT) for adults and adolescents with asthma. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2016[cited 2023 Oct 28];9(9): CD011818. Available from: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD011818.pub2/full> doi: 10.1002/14651858.CD011818.pub2
9. Canga B, Azoulay R, Raskin J, Loewy J. AIR: Advances in Respiration – Music therapy in the treatment of chronic pulmonary disease. *Respir Med*. 2015;109(12):1532-9. doi: 10.1016/j.rmed.2015.10.001
10. Smith HE, Jones CJ. Psychological Interventions in Asthma. *Curr Treat Options Allergy*. 2015;2:155-68. doi: 10.1007/s40521-015-0051-3
11. Thaut MH. The future of music in therapy and medicine. *Ann N Y Acad Sci*. 2005; 1060:303-8. doi: 10.1196/annals.1360.023
12. Nawaz R, Nisar H, Voon YV. The Effect of Music on Human Brain; Frequency Domain and Time Series Analysis Using Electroencephalogram. *IEEE Access*. 2018;6:45191-205. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2855194
13. Britton JW, Frey LC, Hopp JL, Korb P, Koubeissi MZ, Lievens WE, et al. *Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants* [Internet]. St. Louis EK, Frey LC, editors. Chicago: American Epilepsy Society; 2016 [cited 2023 Oct 28]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK390354/>
14. Kanda PAM, Anghinah R, Smidth MT, Silva JM. The clinical use of quantitative EEG in cognitive disorders. *Dement Neuropsychol*. 2009;3(3):195-203. doi: 10.1590/S1980-57642009DN30300004
15. Thoma MV, La Marca R, Brönnimann R, Finkel L, Ehlert U, Nater UM. The effect of music on the human stress response. *PLoS One* [Internet]. 2013[cited 2023 Oct 28];8(8): e70156. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0070156> doi: 10.1371/journal.pone.0070156
16. Desai R, Thaker R, Patel J, Parmar J. Effect of music on post-exercise recovery rate in young healthy individuals. *Int J Res Med Sci*. 2015;3(4):896-8. doi: 10.5455/2320-6012.ijrms20150414
17. Dornan T, Kelly M. Music and Medicine: being in the moment. *MedEdPublish* [Internet]. 2018[updated 2018 Sep 05; cited 2023 Oct 28];7:197. Available from: <https://mededpublish.org/articles/7-197> doi:10.15694/mep.2018.0000197.1
18. Бойчик КО, Калашнікова ЛС, Толкач СІ. Аудіокорекція центральних механізмів регуляції функції дихання у дітей з бронхообструктивним синдромом. *Біомедична інженерія і технологія*. 2018;1:29-34. doi: 10.20535/2617-8974.2018.1(1).152113
19. Campbell DG. *The Mozart Effect for Children: Awakening Your Child's Mind, Health, and Creativity with Music*. 4 ed. William Morrow/HarperCollins; 2000. 288 p.
20. Вербицький С. В. Швидке перетворення Фур'є модульованих сигналів, представлених рядом Фур'є двох змінних. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2018;16(1292):102-6.
21. McCarthy K. Pulmonary Function Testing. *Medscape* [Internet]. 2020 May 14 [cited 2023 Oct 28]. Available from: <https://emedicine.medscape.com/article/303239-overview>
22. Schäfer T, Sedlmeier P, Städtler C, Huron D. The psychological functions of music listening. *Front Psychol* [Internet]. 2013[cited 2023 Oct 28];4:511. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00511/full> doi: 10.3389/fpsyg.2013.00511
23. Larini M, Barthes A. *Quantitative and Statistical Data in Education: From Data Collection to Data Processing*. Wiley-ISTE; 2018. 304 p.

PSYCHOSOMATIC MECHANISMS OF REGULATION OF EXTERNAL RESPIRATION FUNCTION IN CHILDREN WITH BRONCHIAL ASTHMA WHEN LISTENING TO AUDIO SIGNALS OF VARIOUS COMPONENT COMPOSITION

L. Kalashnikova¹, S. Naida², V. Didkovskiy², V. Zaets², S. Bartenev³

**Faculty of Biomedical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»¹,
Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»², Institute
of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine³
(Kyiv, Ukraine)**

Summary.

In the treatment of bronchial asthma (BA), an integrated approach is used that includes both drugs and alternative methods that influence the psycho-emotional state of the patient. In this regard, one of the most powerful methods of psycho-emotional influence on a person is musical influence.

The aim of the research is to study the effectiveness of influence of audio signals of different amplitude-frequency range on the central mechanisms of regulation of ventilatory capacity of bronchi of patients with asthma.

Material and methods. Twenty-five children between the ages of 9 and 14 with clinically diagnosed BA participated in the study. Three melodies with different component composition were used. Their amplitude-frequency characteristics were analyzed using the Matlab environment. The sound energy fraction of the studied musical compositions in one-third octave frequency bands throughout the duration of the audio signal was calculated. Statistical processing of the data was performed using IBM SPSS Statistics software.

Results. The results of the study indicate that the most effective musical influence is provided by the audio excerpt from *The Magic Flute* by W. A. Mozart. It was found that the main spirometric indicators of bronchopulmonary obstruction increase under the influence of music, and correspondingly there are changes in the integral characteristics of bioelectrical activity of the brain.

Conclusion. The results of the study show reliable normalization of spirometry indicators in children with bronchial asthma under the influence of selected musical melodies of a certain frequency. Effectiveness of sound influence on central regulation mechanisms of bronchial ventilatory capacity can be used for preventive and therapeutic purposes.

Key words: Bronchial Ventilatory Function; Amplitude-frequency Characteristics; Electroencephalography; Bioelectrical Activity of the Brain; Absolute Power Spectral Density.

Контактна інформація:

Калашнікова Лариса Євгенівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, заступник декана з міжнародного співробітництва факультету біомедичної інженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна).

e-mail: doc_hom2000@yahoo.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5816-134X>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004999145>

Найда Сергій Анатолійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем факультету електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна).

Email: naida.s.a@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5060-2929>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1739597>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56587996100>

Дідковський Віталій Семенович – доктор технічних наук, професор кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем факультету електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна).

Email: v.didkovskiy@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0807-822X>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1899624>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004277256>

Засць Віталій Пантелєйович – кандидат технічних наук, доцент кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем факультету електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна).

Email: zaetsv84@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2232-9187>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57196299374>

Бартенєв Сергій Григорович – пульмонолог-педіатр відділення респіраторних захворювань та респіраторних алергій у дітей Інституту педіатрії, акушерства та гінекології Національної академії наук України (м. Київ, Україна).

Email: sb4198324@gmail.com

Contact Information:

Larysa Kalashnikova – Ph.D. in Biology, Associate Professor, Deputy Dean for International Affairs, Faculty of Biomedical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv, Ukraine).

e-mail: doc_hom2000@yahoo.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5816-134X>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004999145>

Serhiy Naida – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Acoustics and Multimedia Electronic Systems, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv, Ukraine).

Email: naida.s.a@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5060-2929>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1739597>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56587996100>

Vitaliy Didkovskiy – Doctor of Engineering, Professor, Department of Acoustics and Multimedia Electronic Systems, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv, Ukraine).

Email: v.didkovskiy@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0807-822X>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1899624>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004277256>

Vitaliy Zaets – Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Department of Acoustics and Multimedia Electronic Systems, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv, Ukraine).

Email: zaetsv84@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2232-9187>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57196299374>

Serhiy Bartenev – M.D. (pediatric pulmonologist), Department of Respiratory Diseases and Respiratory Allergies in Children, Institute of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine).

Email: sb4198324@gmail.com

Надійшло до редакції 23.08.2023 р.

Підписано до друку 12.10.2023 р.

