

DOI: 10.26693/jmbs03.06.288

УДК 612.825.55+612.789

Карамзіна Л. А.¹, Міщанчук Н. С.², Рибальченко В. К.³

БІОЛОГІЧНИЙ ЗВОРОТНИЙ ЗВ'ЯЗОК – РЕАЛІЗОВАНА КОМУНІКАЦІЯ

¹Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України, Київ, Україна

²ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О. С. Коломійченка НАМН України», Київ, Україна

³Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

lyudka2008@ukr.net

Вивчено можливості керування психофізіологічними реакціями слухо-мовної системи у дорослих пізньооглухлих осіб до і після слухової реабілітації шляхом кохлеарної імплантації (електродного протезування слуху) для відновлення комунікації. Визначено, що комунікативне самозбереження людини існує тільки в умовах нормального спілкування. Особливо важливого значення у постімплантаційному статусі набуває сприйняття та правильне відтворення почутої мови. Тільки у такому випадку проходить відновлення втраченого біологічного зворотного зв'язку і людина вважається соціально-адекватною.

Ключові слова: біологічний зворотний зв'язок, слухо-мовна комунікація.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дана робота є фрагментом НДР «Розроблення інтелектуальної системи для коригування психофізіологічного стану людини при прийнятті рішень у надзвичайних ситуаціях» (№ держ. реєстрації 0115U000725), та «Розроблення науково-теоретичних засад створення нових інформаційно-комунікаційних технологій сприйняття та переробки мовленнєвої і візуальної інформації для використання у роботизованих комп'ютерно-апаратно-механічних комплексах» (№ держ. реєстрації 0112U001607).

Вступ. Згідно з визначенням Американської асоціації прикладної психофізіології та біологічного зворотного зв'язку (ААРВ), біологічним зворотним зв'язком (БЗЗ) є нефармакологічний метод лікування з використанням спеціальної апаратури для реєстрації, посилення і «зворотного повернення» пацієнтові фізіологічної інформації [1].

БЗЗ – не тільки метод, але й концептуальний підхід до регуляції функцій і станів організму людини. Окрім того, БЗЗ – це додаткова петля зворотного зв'язку між тілом і мозком, доповнює основну природню петлю, недієздатну при деяких станах. Суть методу БЗЗ стосовно психофізіології слуху

полягає у «поверненні» пацієнтові у аудіо-формі поточних значень фізіологічних показників його слуху, які вважаються предикторами реалізації слухо-мовної комунікації.

Поведінку людини формує спілкування (комунікація) з оточенням, скероване слухомовною системою, і являє собою біологічний зворотний зв'язок між мозком і середовищем. Враховуючи, що мова – не тільки інструмент спілкування, а й інструмент мислення, то втрата комунікативних здатностей відбивається й на функціонуванні когнітивної сфери людини. Вирішення задачі поновлення комунікування зумовило появу біомедичних технологій – інтелектуальних перетворювачів сприйняття (у сенсорній реабілітації) для взаєморозуміння й відновлення регулюючої дії біологічного зворотного зв'язку.

Відновлення втрачених сенсорних можливостей людини напряму залежить від технічного забезпечення процесу. Поява нових технологій, і особливо з елементами штучного інтелекту, дуже активно впроваджується у реабілітаційну сферу. Найбільш проблемним сегментом відновлення втрачених функцій вважається реабілітація сенсорних систем, а особливо слухової, як невід'ємно пов'язаної із мовним спілкуванням. Слухова система є інтелектформуєчим аналізатором, який забезпечує людину інформацією тільки при замкненій слухо-мовній дузі, котра й утворює БЗЗ. Наявність дефекту у функціонуванні слухо-мовної дуги призводить до розриву БЗЗ.

Саме тому поновлення комунікації людини з середовищем й повинно відбуватися за рахунок реабілітації втрачених слухових зв'язків через БЗЗ. На сьогодні таку проблему вирішують шляхом слухопротезування слуховими апаратами або кохлеарними імплантами [2–8]. Подібним типам слухової реабілітації можуть бути піддані будь-які особи, котрі відчувають утруднення у спілкуванні. Найбільш складним варіантом відновлення слухомовного контакту є два формати: коли протезують

чуючу від народження людину, яка внаслідок хвороби раптово втратила слух, або ж коли необхідно протезувати глуху від народження людину, котра ніколи не мала мовного контакту із оточенням.

Однак, якщо обирати між тим, кого протезувати раніше: оглухлого раптово чи народженого глухим пацієнта, обирають першого. Продиктовано це тим, що оглухла людина внаслідок втрати слуху не здатна до спілкування серед собі подібних звичним способом, бо нічого не чує, зчитувати з губ не має досвіду, а відтак, не може дати адекватної відповіді. Спілкування з такими людьми відбувається виключно за допомогою письмової мови, що викликає певну напруженість обох комунікантів. Такий стан призводить нечуючу людину до стресу дуже високого рівня, оскільки сама вона відчуває власну нездатність до комунікування, й до того ж оточення у більшості випадків не бажає розуміти проблему. У цій ситуації відсутність БЗЗ віддаляє постраждалого від спільноти.

Якщо протезувати глуху від народження людину, то фактор часу не має ніякого значення, оскільки такі особи інтегровані у свою специфічну соціальну спільноту і орієнтуються у ній дуже добре за допомогою міміки та жестів. До того ж, вони дуже гарно вміють зчитувати з губ і комунікація із чуючими у них не викликає проблем. Невеликий досвід деяких країн з протезування глухих від народження кохлеарними імплантами не дав бажаного результату, економічні й соціальні збитки не виправдали себе, тому поки що реабілітація глухих від народження осіб не є першочерговою. У них налагоджений свій біологічний зворотний зв'язок.

Зрозуміло, що у процесі слухо-мовної реабілітації пацієнт повинен бути активною складовою біотехнічної системи «кохлеарний імплант – вимова», оскільки дослідження слуху й мови психоакустичним і психофізіологічним методами передбачає усвідомлену відповідну реакцію на базі відновлено-го біологічного зворотного зв'язку.

Враховуючи викладене, слід зазначити, що слуховій реабілітації необхідно піддавати тих осіб, які відчувають труднощі у спілкуванні внаслідок втрати керуючої ролі БЗЗ у комунікативному процесі.

Мета дослідження. Визначення керуючої ролі БЗЗ у комунікуванні осіб після електродного протезування слуху.

Матеріал і методи дослідження. Було обстежено 10 осіб працездатного віку (від 18 до 42 років) з антибіотиковою глухотою, які мали розвинені інтелект і мову. На момент обстеження наявність глухоти у цих осіб не перевищувала 10 років. Слух усім дослідженим було відновлено шляхом електродного протезування (кохлеарної імплантації).

Слуховими протезами були кохлеарні імпланти моделі Combi 40+ фірми Med-El (Австрія).

Методи дослідження:

- психоакустичні – вимірювання рівнів відповідних реакцій слухомовної системи на прості (тональні) акустичні сигнали на порогох їх сприйняття і порогох дискомфорту при повітряному і кістково-тканинному проведеннях на конвенційних частотах. Розбірливість мови (складного акустичного сигналу) була виміряна як розбірливість слів і числівників за класичною методикою [9, 10]. Для одержання симетричного й достовірного порівняльного результату відібрали 100 числівників і 100 слів з фонетичних таблиць.
- психофізіологічні – вимірювання значень відповідних реакцій слухової системи на електричні сигнали порогових і дискомфортних рівнів на конвенційних і неконвенційних частотах при трансмеатальному їх поданні [11].

Дослідження виконані з дотриманням основних положень «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964–2013 рр.), ICH GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС від 24.11.1986 р. № 609, наказів МОЗ України від 23.09.2009 р. № 690, від 14.12.2009 р. № 944, від 03.08.2012 р. № 616. Від кожного пацієнта отримана інформована згода на участь у дослідженні.

Результати дослідження та їх обговорення.

Відбір на кохлеарну імплантацію був проведений згідно методики [12], за якою було передбачено тестування за затвердженою програмою, в тому числі і в умовах вільного звукового поля. Необхідність проведення такого тестування зумовлена тим, що в реальному житті людина спілкується із оточуючими головним чином з відстані (адже слуховий аналізатор є дистантним аналізатором), тому для визначення показників розбірливості мови в акустичному просторі було використано акустичну камеру ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка НАМН України».

В акустичній камері проводили виміри розбірливості мови у глухих осіб до і після операції для виключення впливу небажаних додаткових звуків на відтворюваний результат.

На доопераційному етапі за даними психоакустичних вимірювань були встановлені порогові сприйняття повітряно проведених тональних сигналів в зоні мовних частот (500 ÷ 4000 Гц) з рівнями виникнення (103,0 ± 0,2) дБ, що відповідало V ступеню втрати слуху (аудиометрична глухота) за класифікацією [13]. Відповідні реакції на тональні сигнали при кістково-тканинному проведенні були відсутні і на аудіограмі мали конфігурацію відомих так званих «вібраційних» точок в зоні низькочастотного

спектру (125, 250, 500 Гц) з подальшим обривом порогової лінії. Насправді ці відчуття є вібраційними і є характерною диференційною діагностичною ознакою аудіометричної глухоти. Сприйняття сигналів «живої» розмовної і шепітної мов при акуметричному тестуванні було відсутнє, тобто, найменша відстань між дослідником і вухом глухого, з якої були б відтворені тестові слова, дорівнювала 0. Камертональними пробами також було засвідчено наявність аудіометричної глухоти.

Порогів дискомфорту рівнів на гучні тони не було досягнуто при застосуванні вихідних сигналів аудіометра максимальних рівнів. Сприйняття тестів слів і чисел було відсутнє при поданні їх на рівні максимального значення у 90 дБ.

Диференціацію гучності тональних сигналів при зниженні слуху такого рівня за тестами Lüscher і SISI не досліджували. В умовах вільного звукового поля перевіряли здатність глухого кандидата до сприйняття і відтворення почутих слів і чисел як через слуховий апарат, так і без нього. Як показали результати вимірів, жоден із протестованих не відтворив ні слів ні числівників в обох випадках.

Отже, у всіх обстежених осіб-кандидатів була підтверджена двобічна аудіометрична глухота.

За визначенням [14] глухою вважається людина, у якої сприйняття розмовної мови відсутнє.

Показники електрофізіологічного тестування. При вимірюванні слухових сенсорних реакцій у відповідь на електричні сигнали у обстежених глухих кандидатів зафіксовані абсолютні показники порогів виникнення квазіслухових відчуттів в діапазоні частот 31÷1000 Гц. Це було свідченням життєздатності слухових нервів обох вух. Збільшення сили електричного сигналу викликало зростання відповідної реакції за самозвітами обстежених. При цьому треба відмітити про наявність у зафіксованому діапазоні квазіслухових відповідей двох частот: 500 і 1000 Гц, які належать до мовного діапазону і їх відтворення є позитивною прогностичною ознакою для сфери подальшої слухомовної реабілітації.

Диференційна здатність слуху до розрізнення тривалості електричних сигналів була зафіксована на найменшій позначці 86 мс, що відповідає вимогам методики [12] і оцінено як позитивний прогностичний показник до розрізнення коротких слів на етапі комунікативної реабілітації.

Тестування у післяопераційному періоді. При дослідженні сприйняття сигналів встановлено, що у прооперованої людини виникають вже

нові, квазіслухові відчуття (від лат. quasi – подібний). Ці відчуття відмінні від тих природніх, котрі притаманні чуючій особі. Тому для досягнення соціальної адекватності з новими слуховими можливостями, спочатку їх потрібно дослідити і потім проводити заходи з розвитку комунікації.

Аналогічно психоакустичному, у психофізіологічному тестуванні були визначені межі сприйняття частот і сили електричного сигналу, що давало можливість створити модель квазіслухового поля. Коли первинні показники цього поля були одержані, переходили до сеансів електростимуляції (ЕС) слухового аналізатора для розширення початкових меж сприйняття сенсорної інформації. Курс ЕС тривав 30 днів (один сеанс щоденно). Заключні виміри параметрів моделі визначеного квазіслухового поля здійснювали в останній день курсу ЕС і порівнювали їх з первинними показниками (таблиця).

Одержані дані свідчать, що після проведених реабілітаційних заходів відбулося двократне розширення динамічного діапазону сформованого квазіслухового поля у проімплантованих осіб, чого достатньо для подальшого розвитку мови, з урахуванням факту, що головні мовні частоти знаходяться у зоні середніх і високих частот звукового спектру. Через 30 днів ЕС-тренінгів розбірливість чисел досягла 90%, а слів – 60% і було цілком задовільним для комунікування у мовному середовищі.

Порівняння динаміки показників двох пов'язаних виборок у невеликої кількості досліджених здійснювали за критерієм Уїлкоксона. Як середню міру використали медіану (Me), як характеристику розподілу величини – інтерквартильний розмах (IQR).

Так, статистичною значимістю, як впливає із даних **таблиці**, вирізняються позначені **жирним**

Таблиця – Динамічний діапазон квазіслухового поля осіб з кохлеарними імплантатами при первинному і заключному тестуваннях

Частота електричного сигналу, Гц	Показники квазіслухового поля (дБ) на різних етапах тестування				Порівняння двох виборок z; p
	первинний		заклучний		
	Me	IQR	Me	IQR	
31	19,5	11,7 – 24,1	28,3	12,2 – 37,1	2,8; 0,005
63	17,4	10,7 – 21,1	25,4	11,9 – 32,8	1,8; 0,07
125	18,6	10,6 – 20,4	22,6	11,7 – 30,7	1,8; 0,07
250	18,0	12,9 – 18,3	20,4	12,6 – 25,5	1,9; 0,06
500	16,0	12,5 – 18,6	19,1	12,5 – 23,6	1,6; 0,11
1000	16,6	12,7 – 18,3	20,0	12,9 – 22,6	1,8; 0,07
2000	16,2	11,9 – 17,7	18,9	13,1 – 23,1	2,2; 0,03
3000	14,5	11,9 – 16,9	16,9	12,8 – 22,8	2,8; 0,005
4000	15,6	12,9 – 18,0	16,5	13,0 – 22,0	1,8; 0,07

шрифтом показники відповідних реакцій, одержаних на частотах електростимуляції 31, 2000, 3000 Гц на первинному і останньому етапах тестування. При цьому слід акцентувати, що відсутність статистичної значимості показників на інших частотах впливу електричних сигналів на слуховий аналізатор не зменшує клінічної позитивної значимості результатів.

Дослідження сприйняття і відтворення почутої мови прооперованими особами в умовах вільного звукового поля показало, що стан слуху із ступеня соціально-неадекватного перейшов до ступеня соціально-адекватного.

Досягнутий результат вважається перспективним для протезованих осіб в плані поліпшення розбірливості мови, можливості адекватного спілкування, що необхідно для подальшої соціалізації у суспільство, а відтак – і стабілізації психо-емоційного статусу.

Таким чином, при виконанні дослідження встановлено, що для осіб з кохлеарними протезами єдиним дієвим засобом розширення комунікативних можливостей є електрична стимуляція, яка спроможна відновити втрачений БЗЗ. Відновлений зворотний зв'язок дозволяє людині здійснювати регуляцію, контроль і програмування власної поведінки у соціальному оточенні.

Висновки. На підставі виконаного дослідження слухо-мовної комунікації у дорослих пізньооглухлих осіб до і після кохлеарної імплантації доведена реальна можливість відновлення біологічного зворотного зв'язку, про що свідчить поновлена комунікація, а відтак і можливість подальшої соціалізації та інтеграції таких осіб у суспільство.

Перспективи подальших досліджень полягають у подальшому вивченні комунікативних можливостей людини у різних умовах спілкування з визначенням результативності біологічного зворотного зв'язку.

References

1. The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback [digital resource]. Available from: <https://www.aapb.org>
2. Koroliova IV. *Reabilitatsia gluhih detej i vzroslyh posle kohlearnoj i stvolomozgovoj implantatsii*. S-Pb: KARO; 2016. 872 s. [Russian]
3. Levitskaya OS, Lebedev MA. Interfejs mozg – komp'uter: budushchee v nastoyashchem. *Vestnik RMGU*. 2016; 2: 4-16. [Russian]
4. Syroezhkin FA, Dvoryanchikov VV, Danilov YuP, i dr. Reabilitatsiya patsientov posle sluhouluchshayushchih operatsij. *Rossiiskaya otolaringologiya*. 2016; 1(80): 94-102. [Russian]
5. Katz W, Campbell Th, Wang J, et al. Opti-Speech: A real-time, 3D Visual feedback system for speech training. *Interspeech. 15th Annual Conference of the International Speech Communication Association*. Singapore. 2014 September 14-18; 2014: 1174-8.
6. Boboshko MYu, Golovanova LE, Zhilinskaya EV, i dr. Effectivnost sluhoprotezirovaniya u lits pozhilogo i starcheskogo vozrasta. *Uspehi gerontologii*. 2017; 30(1): 114-20. [Russian]
7. Titova EO. Trudnosti voenno-vrachebnoj ekspertizy tugouhosti. *Med vest MVD*. 2017; 2(87): 51-8. [Russian]
8. Zhilinskaya EV. *Diagnostika i korrektsiya narushenij razborchivosti rechi pri tugouhosti*: Abstr. PhD. (Med.). S-Pb; 2017 18 s. [Russian]
9. Grinberg GI, Zinder LR. Tablitsy slov dlya rechevoj audiometrii v klinicheskoy praktike. *Sb tr Leningr NII uha, gorla, nosa i rechi*. L.; 1957: 45-7. [Russian]
10. Harshak EM. *Sbalansirovannyj chislovoj test dlya rechevoj audiometrii. Aktual'n vopr kliniko-eksper otolaringologii*. K: «Zdorov'»; 1964. 140 □ [□□□□□□]
11. Bazarov VG, Timen GE, Moroz BS, i dr. Pervyj opyt ekstrakohlearnogo protezirovaniya: psihoelektricheskie harakteristiki sluha. *Zhurn Ushnyh, nosovyh i gorlovyh boleznej*. 1994; 3: 38-42. [Russian]
12. Bazarov VG, Savchuk LA, Belyakova IA, i dr. Kohlearnaya implantatsiya. Soobshcheniye 2. Kliniko-fiziologicheskij otbor kandidatov. *Zhurn ushnyh, nosovyh i gorlovyh boleznej*. 1993; 2: 6-15. [Russian]
13. Bazarov VG, Rozkladka AI. Otsenka narushenij sluha pri razlichnyh formah tugouhosti. *Zhurn Ushnyh, nosovyh i gorlovyh boleznej*. 1989; 3: 28-33. [Russian]
14. Bazarov VG, Lisovskij VA, Moroz BS, Tokarev OP. *Osnovy audiologii i sluhoprotezirovaniya*. M: Meditsina; 1984. 256 s. [Russian]

УДК 612.825.55+612.789

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ – РЕАЛИЗОВАННАЯ КОММУНИКАЦИЯ

Карамзина Л. А., Мищанчук Н. С., Рыбальченко В. К.

Резюме. Исследованы возможности управления психофизиологическими реакциями слухо-речевой системы позднооглухших взрослых до и после слуховой реабилитации путем электродного протезирования слуха (кохлеарной имплантации) для восстановления коммуникативных возможностей. Определено,

что коммуникативное самосохранение человека существует только в условиях нормального общения. Особенно важное значение в постимплантационном периоде приобретает восприятие и правильное воспроизведение услышанной речи. Только в таком случае происходит восстановление утраченной биологической обратной связи и человек становится социально-адекватным.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, слухо-речевая коммуникация.

UDC 612.825.55+612.789

Biological Feedback – Implemented Communication

Karamzina L. A., Mishchanchuk N. S., Rybalchenko V. K.

Abstract. *The purpose of the study was to investigate the role of biofeedback in resumption communication in cochlear implant rehabilitation users.*

Material and methods. Ten adults with postlingual bilateral ototoxic postantibiotic deafness (aged 18–42) and who underwent unilateral cochlear implantation by Combi 40+ (Med-El® devices) participated in this study. Communicative function was absent, but intellect and speech were well-developed.

Pre- and postoperative assessments were performed per typical clinic routines with modifications described. Post implant habilitation was customized for each recipient using a combination of traditional methods and technologies. Findings were assessed by evaluating the use of acoustic feedback. Speech reception and speech intelligibility were measured in sound field and in anechoic chamber. The authors used two groups of speech signals: 100 words and 100 numerals (modified by Karamzina L.A.) from the standard Russian language tests tables for speech audiometry (G.I. Grinberg, L.R. Zinder, 1957; Harshak E.M., 1964).

Results and discussion. The 10 adults included in this report were consistent users of their cochlear implants and demonstrated speech recognition in the implanted ear. All of the implanted subjects maintained over time a satisfactory auditory gain, ranging from 10 to over 45dB in respect to at 0.5, 1, 2 and 4kHz. After 30 days electrical stimulation and speech-hearing training communicative score was 90 % for numerals and 60% for words. That result was sufficient for restoring communicative biofeedback. Time differentiation of the electrical signals duration was 86 ms as a good predictor for the intelligibility of short words in speech-hearing rehabilitation period.

Conclusions. The results of this study demonstrated the possibility of renewed communication for cochlear implant recipients and renewing communicative biofeedback. In conclusion we should mention that cochlear implants can improve life quality in profoundly deaf subjects with associated disabilities, increasing both listening and communication skills as well as self-sufficiency and social relationships.

Keywords: biological feedback, hearing-speech communication.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 02.08.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування