УДК 616.2;612.8
DOI: 10.15587/2519-4798.2024.323704

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ СЛУХОВОЇ СИСТЕМИ У ОСІБ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНОГО ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ

Ю. В. Дєєва, Я. В. Бондаренко

As diving depth increases, various environmental factors influence the human body, potentially triggering a range of physiological and psychological responses. One of the most significant factors is hydrostatic pressure. To ensure safe diving, tables and additional devices are used to pre-plan the route and create a dive profile that helps prevent unpleasant and hazardous complications. Among pathological conditions that may arise during or after diving, ear damage is one of the most common, occurring in 40–63 % of cases, according to various authors.

***The aim of the study**: This study aims to assess the condition of both the sound-conducting and sound-perceiving components of the auditory system in divers.*

***Materials and methods:** Between 2019 and 2023, the Department of Otorhinolaryngology at Bogomolets National Medical University conducted examinations and collected data from 59 individuals engaged in scuba diving with specialized equipment. The inclusion criteria were ages 18 to 55 and professional certification. Initial screening involved medical history collection and ENT examination. The following audiological assessments were conducted: pure-tone audiometry and impedance audiometry. Additional parameters such as total number of dives, maximum dive depth, and time since the last dive were also recorded.*

***Results and discussion:** Pure-tone audiometry results showed that median hearing thresholds in Group 1 were around 10 dB, whereas in Group 2, they were approximately 5 dB. Moreover, Group 1 exhibited significantly higher bone conduction thresholds across all tested frequencies.*

***Conclusions:** A strong positive correlation was established between anamnestic data (number of dives, maximum dive depth, and diving experience) and elevated bone conduction thresholds. This indicates that prolonged exposure to hydrostatic pressure and other diving-related factors (e.g., pressure changes, acoustic effects, potential barotrauma) may contribute to progressive hearing impairment. The strongest correlation between diving experience and perceptual sensitivity thresholds was observed, suggesting a cumulative effect on the auditory system. These findings emphasize the importance of regular auditory health monitoring among both professional and recreational divers and highlight the need to develop preventive measures to mitigate the adverse effects of increased hydrostatic pressure on the auditory system*

***Keywords:** diagnostics, sensorineural hearing loss, bone conduction, audiogram, diving*

How to cite:
Dieieva, Y., Bondarenko, Y. (2024). Investigation of auditory health in individuals exposed to elevated hydrostatic pressure. ScienceRise: Medical Science, 4 (61), 29–35. http://doi.org/10.15587/2519-4798.2024.323704

© The Author(s) 2024
This is an open access article under the Creative Commons CC BY license

1. Вступ

Здавна людство намагалось підкорити морські глибини. Власне дайвінг, у сучасному розумінні, став можливим саме після створення автономних апаратів для дихання під водою. Перший успішний прототип акваланґу ще на початку 20 сторіччя створив легендарний океанограф Жан Ів Кусто. Та технічна революція на цьому не зупинялась і дала людині можливість занурюватись все довше та глибше, досліджуючи незвідані куточки океану. Звичайно це стало підґрунтям для створення сфери промислових дайверів та військових, що є особливо актуальним у нинішній час для України. Крім того по всьому світу активно розвивається рекреаційний дайвінг, що розкриває красу морських мешканців, таємниці затонулих кораблів давнини. Цей вид діяльності стали активно використовувати у будівництві, нафто- та газовидобувній промисловості та та ремонтних роботах..

Зі збільшенням глибини можливого занурення на організм людини суттєво діють певні чинники навколишнього середовища, що може викликати низку фізіологічних та психологічних реакцій. Одним із найвагоміших факторів виступає гідростатичний тиск, який на кожні 10 метрів занурення збільшується на 1 атмосферу[1, 2]. Зі збільшенням тиску гази в легенях, порожнинах тіла (таких як середнє вухо та приносові синуси) стискаються, а при підйомі – збільшуються до попереднього об’єму, що при невірно вибраному профілі занурення небезпечно утворенням вільних газів у тканинах та розвитком декомпресійної хвороби. Це явище підкорюється закону Бойля-Маріотта [3], який стверджує, що при

зануренні об'єм газу зменшується, а його тиск зростає, звичайно за сталої довколишньої температури. Проте реальні умови довколишнього середовища змінюють всі фізичні параметри, що діють на організм людини. Це значно ускладнює прогноз впливу цих факторів на функціонування органів та систем при зануренні.

Для безпечного дайвінгу існують таблиці та додаткові пристрої, які допомагають запланувати завчасно маршрут та створити профіль занурення, який би попередив розвиток неприємних та загрозливих ускладнень. Проте, навіть при ретельному розрахунку маршруту, під час пірнання можуть виникати непередбачувані ситуації. Серед патологічних станів, що можуть з'явитись після або під час дайвінгу, одним із найчастіших є ураження вуха за даними різних авторів від 40 до 63 %[4, 6].

Мета роботи полягає в дослідженні стану звукопровідного та звукосприймаючого апарату у дайверів.

2. Матеріали і методи дослідження

За період 2019–2023 рр. на кафедрі оториноларингології Національного медичного університету імені О. О. Богомольця було обстежено та зібрано дані 59 осіб, що займаються підводним плаванням зі спеціальним спорядженням. Критерієм відбору був вік осіб від 18 до 55 років та професійна сертифікація дайвера. Під час дослідження 3 особи були виключені з дослідження у зв'язку з наявністю патології середнього вуха.

Серед обстежених пацієнтів було 40 чоловіків (67,8 %) та 19 жінок (32,2 %). Середній вік пацієнтів становив 31,9±10,5 років (від 19 до 52 років).

Критеріями виключення з дослідження були вагітність, алкогольна та наркотична залежність, психічні порушення в анамнезі, наявність гострих запальних захворювань ЛОР-органів, зокрема патології середнього вуха на момент обстеження.

Попередній відбір обстежуваних включав збір анамнезу та огляд ЛОР-органів. Надалі всім пацієнтам були проведені такі дослідження: порогова тональна аудіометрія, імпедансометрія. Встановлювалась загальна кількість занурень, максимальна глибина занурення та стаж занурень.

Досліджувана популяція за стажем дайвінгу була розподілена на дві групи: 1-ша група має досвід занурень від 5 років, 2-га група – до 5 років.

Для визначення гостроти слуху та наявності його порушень дайверів обстежували за допомогою акуметрії, а також тональної порогової аудіометрії за традиційною методикою в звукопоглинаючій камері при рівні навколишнього шуму не більше 35 дБ [7]. Для проведення аудіометричного обстеження використовувався аудіометр Inventis Viola (Італія). На основі аналізу результатів аудіометрії проводилась комплексна оцінка слухової функції .

З метою диференційної діагностики проводилась акустична імпедансометрія, яка включала тимпанометрію та реєстрацію акустичного рефлексу. Результати тимпанометрії оцінювалися за класифікацією Jerger (1970 р.) [8]. При дослідженні акустичного рефлексу разом із "зондуючим" тоном використовувались звукові стимули, що викликають рефлекторне скорочення стремінцевого м'яза. Проводилася реєстрація іпсілатерального акустичного рефлексу. Імпедансометрія проводилась на імпедансометрі Inventis Viola (Італія).

Статистична обробка отриманих даних проводилась з використанням програм Microsoft Excel та R version 4.3.3. Показники наведені у вигляді M±m, де M – середнє значення; m – стандартне відхилення; або Me (25 % Q – 75 % Q), де Me – медіана; 25 % Q – нижній квартиль; 75 % Q – верхній квартиль. Для оцінки розподілу у досліджуваній популяції був використаний критерій Шапіро-Уїлка ($p<0,05$). Популяція мала не нормальний розподіл, тому для подального аналізу та порівняння між групами були використані критерії Mann-Whitney Utest. Різниця вважалась статистично значущою при значеннях $p<0,05$. Для порівняння якісних параметрів між групами був використаний тест χ^2. Для визначення коефіцієнту кореляції використаний тест Спірмана.

3. Результати

За даними клінічного огляду обстежені не мали запальних захворювань ЛОР-органів. За даними анамнезу всі обстежувані особи були сертифікованими дайверами.

Аналіз розподілу обстежуваної вибірки за статтю наведений у табл. 1. При порівнянні груп за статтю за допомогою тесту χ^2 виявлено, що немає статистично достовірної різниці між двома досліджуваними групами, отже можна говорити про те, що групи однорідні за статтю ($p>0,05$).

Щодо анамнестичних характеристик стажу занурення, то в 1-й групі стаж склав 10,8±11,3 років, варіабельність стажу занурення від 2 до 25 років. Водночас, стажозалежні показники для 1-ї групи, такі як загальна кількість занурень та максимальна глибина занурень становили 969,8±1005,4 та 79,9±40,8 м відповідно (табл. 2).

Таблиця 1

Розподіл пацієнтів за статтю

1-ша група		2-га група	
Чоловіки	Жінки	чоловіки	Жінки
n=16 (69,6 %)	n=7 (30,4 %)	n=24 (66,7 %)	n=12 (33,3 %)

Таблиця 2

Показники даних анамнезу серед обстежуваних осіб

Статистичні показники	Вік		стаж (роки)		MAX глибина занурення фактична		Загальна кількість занурень	
	1-ша	2-га	1-ша	2-га	1-ша	2-га	1-ша	2-га
Медіана	41	38,5	9	3	60	49,5	500	100
Стандартне відхилення	10,5	7,3	11,4	2,5	40,8	12,0	1005,4	196,9
Середнє	31,9	38,3	10,8	3,8	79,3	52,4	969,8	167,5
Мода	35	40	2	2	60	70	3000	100
Q25	35	32,7	3,5	2	52,5	43	326,5	57,5
Q75	48,5	41,5	12	5,2	98,5	66,2	1000	200
Mann-Whitney p-value	0,159024		0,000542		0,007588		0,000007	

Серед осіб 2-ї групи середній вік обстежуваних був 38,3±7,3 роки, стаж занурення становив 3,8±2,6 роки. Максимальна глибина занурення в середньому становила 52,4±12,03 м, а середнє значення загальної кількості занурень у 2-й групі становило 167,5±196,9. Дані представлені у табл. 3.

При порівнянні, не встановлено статистично достовірної різниці між групами за віком.

Враховуючи отримані дані, можна стверджувати, що дайвери 1-ї групи мають значно більший досвід занурень (p=0,000542) у порівнянні з 2-ю групою. Зазначимо, що за нашими спостереженнями, було виявлено тенденцію до залежності між стажем дайвінгу, глибиною та кількістю занурень, про що свідчать отримані показники міжгрупового порівняння. Таким чином, максимальна глибина занурення для осіб 1-ї групи була достовірно вища (p=0, 007588) як і кількість занурень (p=0,000007). Дані порівняльної характеристики двох група за вищезазначеними пунктами наведені у табл. 4.

За регламентом дослідження нами було проведено порогова тональна аудіометрія всім досліджуваним особам. Результати обстежуваних груп наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Дані показників порогів звукосприйняття за тональною аудіометрією пацієнтів 1-ї та 2-ї груп

Частота (kHz)	1-ша група						2-га група						p-value	
	Праве вухо КП, dB			Ліве вухо КП, dB			Праве вухо КП, dB			Ліве вухо КП, dB			R	L
	median	Q25	Q 75	median	Q25	Q 75	median	Q25	Q 75	median	Q25	Q 75		
0,25	10	5	20	10	5	30	7,5	5	10	5	5	10	<0,05	<0,001
0,5	10	5	10	10	5	35	5	5	10	5	5	10	<0,001	<0,001
0,75	10	5	55	10	5	30	5	5	10	5	5	5	<0,001	<0,001
1	10	5	55	10	5	25	5	5	5	5	5	5	<0,001	<0,001
1,5	10	5	15	10	5	25	5	5	5	5	5	5	<0,001	<0,001
2	10	5	30	10	5	50	5	5	5	5	5	5	<0,001	<0,001
3	10	0	30	10	5	50	5	5	5	5	5	5	<0,001	<0,001
4	10	5	40	10	5	70	5	5	5	5	5	5	<0,001	<0,001
6	10	5	60	10	5	80	5	5	10	5	5	10	<0,001	<0,001
8	10	5	90	10	5	90	10	5	15	5	5	10	=0,46	<0,001

Отже, згідно даних порогової тональної аудіометрії у пацієнтів 1-ої групи відзначається достовірно вищі пороги кісткового проведення на всьому діапазоні досліджуваних частот, окрім 8 кГц на праве вухо. Крім того за нашими спостереженнями у 7 осіб 1-ї групи виявлено підвищення порогів звукосприйняття в «мовному» та високочастотному діапазонах від 30 до 90 дБ правого та/або лівого вуха з формуванням низхідного графіку аудіометричної кривої, що відповідало проявам сенсоневральної приглухуватості 1-3 ступеню. Більше того, у таких пацієнтів ліве вухо мало дещо вищі пороги звукосприйняття, тобто ураження було більш вираженим. На рис. 1 зображений розподіл даних кісткового проведення на обидва вуха у обстежуваних 1-ї та 2-ї груп включно з мінімальними та максимальними значеннями.

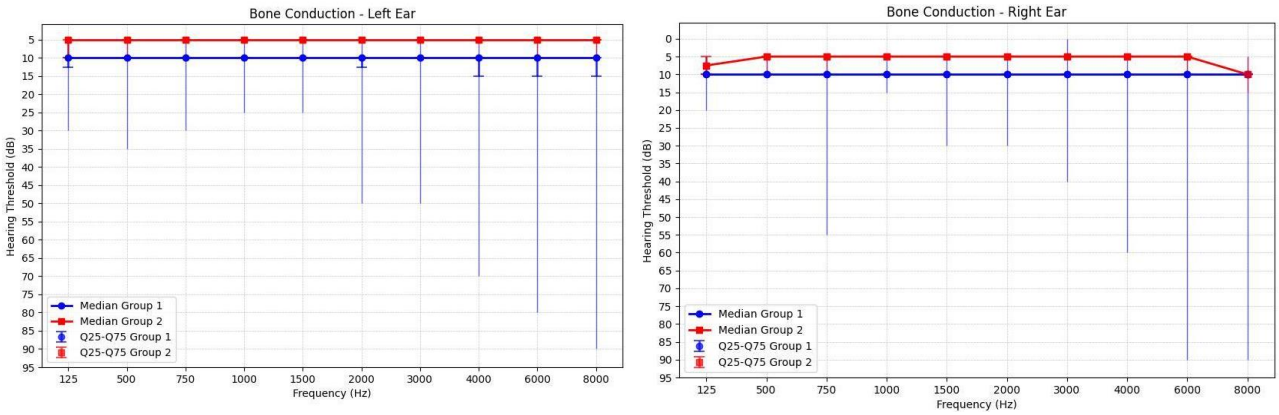

Рис. 1. Розподіл значень кісткового проведення у пацієнтів 1-ї та 2 –ї груп на праве та ліве вухо

За даними порогової тональної аудіометрії у пацієнтів 1-ої групи медіанні значення коливаються в межах 10 дБ, а 2-ї переважно 5 дБ. Проте, діапазон між Q25-Q75 свідчить про більшу варіабельність, особливо на високих частотах для групи 1 у порівнянні з групою 2. Обстежувані особи групи 2 мають нижчі пороги слуху (достовірно $p<0,05$), що може свідчити про суб'єктивно кращий слух у порівнянні з обстежуваними групи 1. Проте, значення медіан порогів звукосприйняття на всьому діапазоні частот знаходиться в межах нормативних. Це свідчить, про наявність у частини пацієнтів субклінічних змін, в той час як інша частина обстежуваних (7 осіб) мали клінічно підтверджену сенсоневральну приглухуватість.

Розподіл значень повітряного проведення у пацієнтів 1-ї та 2 –ї груп на праве та ліве вухо зображені на рис. 2.

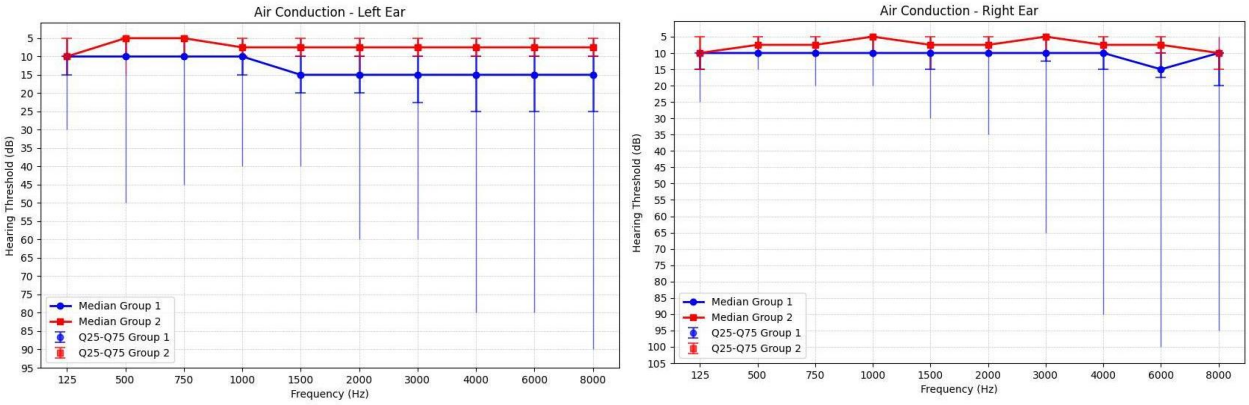

Рис. 2. Розподіл значень повітряного проведення у пацієнтів 1-ї та 2 –ї груп на праве та ліве вухо

Графіки розподілу даних повітряної провідності лівого та правого вуха демонструють, що значення порогів слуху для групи 2 (червоний) залишаються статичним в межах 5–10 дБ, тоді як у групі 1 (синій) спостерігається деяке погіршення слуху на частотах 4000–8000 Гц, особливо на правому вусі. Варіабельність у групі 1 суттєво зростає на високих частотах, що може свідчити про можливий початок сенсоневральної приглухуватості в окремих пацієнтів.

Співставлення результатів кісткової та повітряної провідності вказує на наявність незначного кістково-повітряного інтервалу, що характерно для нормального функціонування слухової системи. Зниження порогів на високих частотах у групі 1 (повітряна провідність) може бути раннім проявом впливу зовнішніх факторів на перцептивну систему слухового апарату обстежуваних.

На діаграмах (рис. 3) представлено кореляційний аналіз між різними характеристиками анамнестичних даних та максимальним порогом слуху (дБ). Лінія регресії (червоним) і відповідний довірчий інтервал (виділена область) демонструють напрямок та силу зв'язку між змінними.

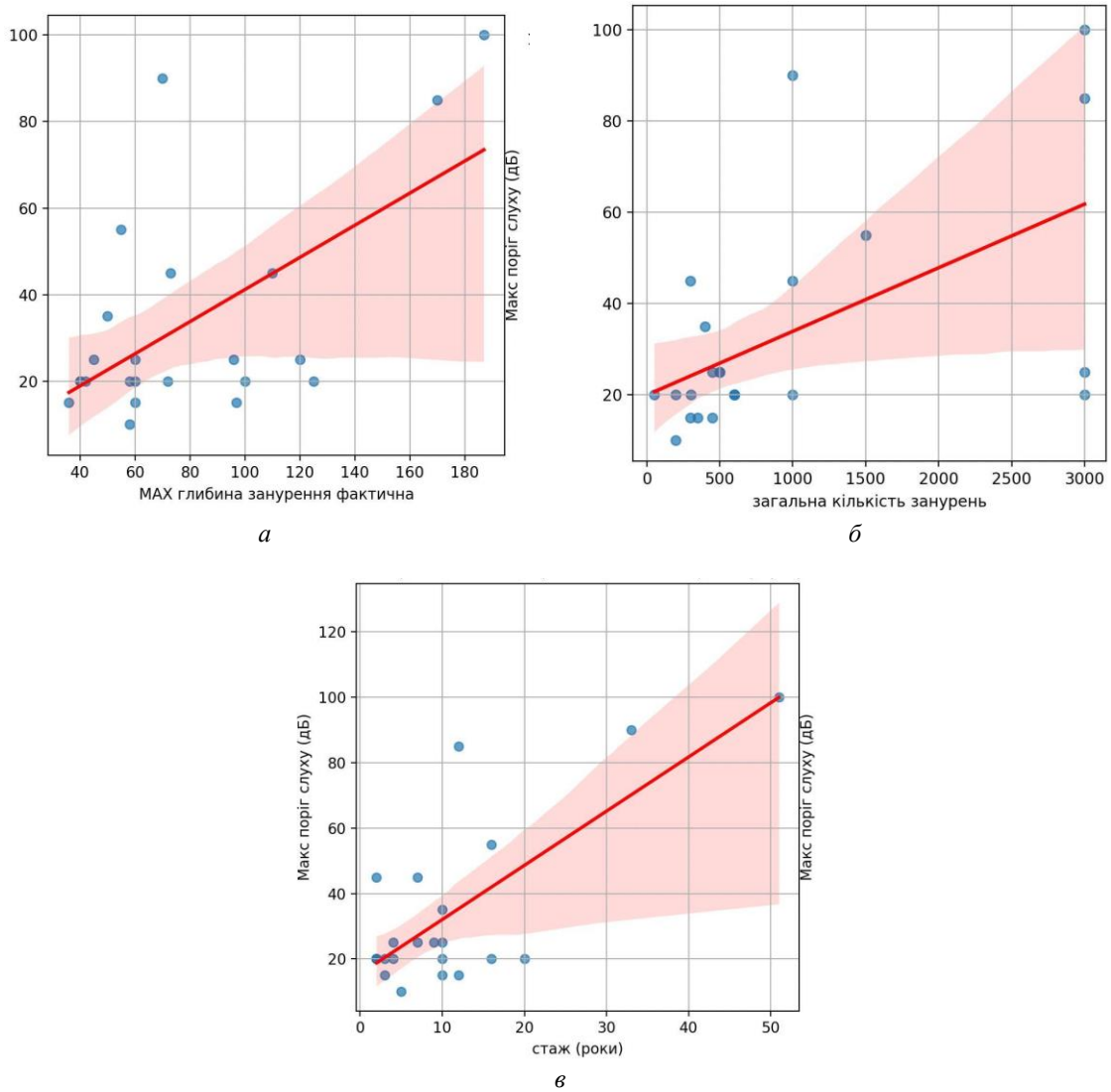

Рис. 3. Аналіз взаємозв'язку між параметрами занурень і станом слухової системи у дайверів: *а* – зв'язок між максимальною фактичною глибиною занурення (м) та максимальним порогом слуху (дБ); *б* – зв'язок між загальною кількістю занурень та максимальним порогом слуху (дБ); *в* – зв'язок між стажем занурень та максимальним порогом слуху (дБ)

На рис. 3, *а* зображено кореляційний зв'язок між загальною кількістю занурень та даними порогів перцептивної чутливості у досліджуваних осіб в дБ. Діаграма вказує на позитивний кореляційний зв'язок: зі збільшенням кількості занурень підвищуються пороги кісткового проведення ($p<0,05$). Розкид даних свідчить про щільний зв'язок. Довірчий інтервал підтверджує статичну значущість зв'язку.

Рис. 3, *б* відображає взаємозв'язок між максимальною глибиною занурення та даними порогів перцептивної чутливості у досліджуваних осіб в дБ. Загальна тенденція вказує на потенційний зв'язок між вищевказаними показниками ($p>0,05$), достовірність кореляційних зв'язків не встановлена.

На рис. 3, *в* зображено кореляційний зв'язок між стажем дайвінгу у роках та даними порогів перцептивної чутливості у досліджуваних осіб в дБ. Зі збільшенням досвіду занурення прослідковується тенденція до підвищення порогів слуху ($p>0,05$), що вказує на кумулятивний ефект водолазної діяльності на функції звукосприйняття.

Тобто нами було виявлено сильні позитивні кореляційні зв'язки між порогами слуху, кількістю, стажем та глибиною занурень, що фактично являються стажозалежними показниками, проте статистично значимим є лише зв'язок зниження слуху та загальною кількістю занурень ($p <0,05$), довірчий інтервал підтримує лінію регресії, а розкид даних не суперечить загальному тренду. На всіх діаграмах є декілька екстремальних значень, що може свідчити про індивідуальні особливості, або ж вплив інших факторів.

4. Обговорення результатів дослідження

Зниження слуху у дайверів може бути спровоковано різними патологічними станами. Для внутрішнього вуха це може бути баротравма чи декомпресія. Баротравма внутрішнього вуха спровокована порушенням тиску в барабанній порожнині, може виникати під час підйому або спуску, за рахунок різниці тиску між середнім вухом та структурами внутрішнього вуха. При декомпресії стан порушується за рахунок вільних бульбашок інертного газу в мікросудинах і рідинах внутрі-

шнього вуха. Скарги при цьому дуже схожі – це втрата слуху, шум у вухах та запаморочення.

У дослідженні Hizel, та його колег не було суттєвої різниці між порогами слуху та даними отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення досліджуваної та контрольної груп. Для досліджуваних дайверів прослідковується вплив таких показник, як вік, загальна тривалість занурень та загальна кількість занурень, а також максимальна глибина занурення. Дослідження встановило залежність підвищення порогів тональної аудіометрії та зниження отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення в залежності від збільшення вищевказаних показників [9]. Інша група авторів, на чолі з Ohgald [10] досліджували групу дайверів з 300 осіб, та встановили, що понад 70 % мали сенсоневральне порушення слуху, враховуючи пресбіакузіс. Більшість з обстежених не мали в анамнезі встановленої баротравми внутрішнього вуха під час спуску. Автори дійшли висновку, що зниження слуху пов'язане із тривалістю їхньої професійної кар'єри дайвера.

Duplessis, C., & Fothergill, D. у своєму дослідженні обстежували військовий водолазів за допомогою порогової тональної аудіометрії та отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення. За їхніми спостереженнями, не було виявлено змін за даними порогової тональної аудіометрії, проте ОАЕ на частоті продуктів спотворення виявила погіршення мотильності зовнішніх волоскових клітин. У тестуванні ОАЕ приймало участь 212 осіб. Середній ОАЕ, викликаний тимчасовим процесом, становив - 1,24 дБ. У більш ніж 1000 порівнянь за допомогою аудіометрії було виявлено лише 25 статистично значущих змін у порогових значеннях. Тест ОАЕ виявив значні зміни у провокаційному протоколі повторних занурень, підтверджуючи твердження, що як клінічна, так і субклінічна декомпресії внутрішнього вуха може призводити до сенсоневральної приглуховатості у дайверів [11].

Нами було досліджено пороги тональної аудіометрії у дайверів та встановлено, що значення порогів слуху змінюється в залежності від стажу занурень. Для групи осіб, що мають досвід занурення більше 5 років спостерігається деяке погіршення слуху на частотах 4000–8000 Гц, особливо на правому вусі. Варіабельність значень суттєво зростає на високих частотах, що може свідчити про можливий початок сенсоневральної приглухуватості в окремих пацієнтів.

Також нами проведено аналіз між різними характеристиками анамнестичних даних та максимальним порогом слуху (дБ) та виявлено сильні позитивні кореляційні зв'язки між порогами слуху, кількістю, стажем та глибиною занурень, що фактично являються стажозалежними показниками.

Враховуючи аналіз літератури за тематикою, можна зробити висновок, що отоакустична емісія на частоті продуктів спотворення є перспективним методом для подальших досліджень та є невід'ємним компонентом медичного спостереження за функцією слуху у дайверів крім класичних методик аудіологічного обстеження.

Обмеження дослідження. Наше дослідження має певні обмеження. Найперше – це відносно невелика вибірка обстежених (59 осіб), оскільки досліджувався декретований контингент. Враховуючи геополітичну ситуацію в Україні, рекреаційний дайвінг доступний населенню у меншій мірі, а особи, що займаються дайвінгом з професійною метою – наприклад військові, наразі не доступні для «відкритих» досліджень. Також у дослідження не було залучено групу контролю – як групу умовно здорових добровольців, проте вищезгадані обмеження не є суттєвими та не впливають на загальні результати роботи.

Перспективи подальших досліджень. Отримані результати відкривають перспективи для подал

ьших досліджень стану слухової системи у дайверів за допомогою об'єктивних методів обстеження, наприклад за допомогою отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення. А також, дані дослідження спонукають встановлювати додаткові фактори впливу на стан слухової системи у дайверів, як наприклад соматичні захворювання та коморбідні стани.

5. Висновки

1. При дослідженні порогової тональної аудіометрії у дайверів було встановлено, що пороги звукосприйняття у 1-ї групи на частоті 0,25 та 8кГц , достовірно вище у порівняно 2-ю групою ($p<0,05$).

2. Було виявлено позитивний кореляційний зв'язок між збільшенням кількості занурень та підвищенням порогів кісткового проведення ($p<0,05$) у дайверів.

3. Виявлена позитивна тенденція у зв'язку зниження перцептивної чутливості, максимальною глибиною занурення та стажем дайверів, проте кореляційні зв'язки не мали статистичної значимості ($p>0,05$).

4. Цей аналіз підкреслює важливість моніторингу стану слухової системи як серед професійних дайверів, так і серед дайверів-любителів та розробляти заходи щодо зменшення негативного впливу дії підвищеного гідростатичного тиску на слуховий аналізатор.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Фінансування

Дослідження проводилось без фінансової підтримки.

Доступність даних

Дані будуть надані за обґрунтованим запитом.

Використання засобів штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Література

1. Shopov, N. G. (2019). Study of the changes in respiratory function in self-contained underwater breathing apparatus divers. International Maritime Health, 70 (1), 61–64. https://doi.org/10.5603/imh.2019.0009

2. Raymond, K. A., Cooper, J. S. (2022). Scuba Diving Physiology. StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing.

3. Blake, D. F., Crowe, M., Mitchell, S. J., Aitken, P., Pollock, N. W. (2018). Vibration and bubbles: a systematic review of the effects of helicopter retrieval on injured divers. Diving and Hyperbaric Medicine Journal, 48 (4), 241–251. https://doi.org/10.28920/dhm48.4.241-251

4. Buzzacott, P. L. (2012). The Epidemiology of Injury in Scuba Diving. Epidemiology of Injury in Adventure and Extreme Sports, 57–79. https://doi.org/10.1159/000338582

5. Buzzacott, P., Schiller, D., Crain, J., Denoble, P. J. (2018). Epidemiology of morbidity and mortality in US and Canadian recreational scuba diving. Public Health, 155, 62–68. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.11.011

6. Hubbard, M., Davis, F. M., Malcolm, K., Mitchell, S. J. (2018). Decompression illness and other injuries in a recreational dive charter operation. Diving and Hyperbaric Medicine Journal, 48 (4), 218–223. https://doi.org/10.28920/dhm48.4.218-223

7. Pedersen, C. C., Pedersen, E. R., Laugesen, S., Sanchez-Lopez, R., Nielsen, J., Sørensen, C. B. et al. (2023). Comparison of hearing aid fitting effectiveness with audiograms from either user-operated or traditional audiometry in a clinical setting: a study protocol for a blinded non-inferiority randomised controlled trial. BMJ Open, 13 (3), e065777. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-065777

8. Sente, M. (2004). The history of audiology. Medical Review, 57 (11-12), 611–616. https://doi.org/10.2298/mpns0412611s

9. Hizel, S. B., Muluk, N. B., Budak, B., Budak, G. (2007). Does Scuba Diving Cause Hearing Loss? The Journal of Otolaryngology, 36 (4), 247–252. https://doi.org/10.2310/7010.2007.0038

10. Ohgaki, T., Nigauri, T., Okubo, J., Komatsuzaki, A. (1992). Exostosis Of The External Auditory Canal and Sensorineural Hearing Loss in Professional Divers. Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho, 95 (9), 1323–1331. https://doi.org/10.3950/jibiinkoka.95.1323

11. Duplessis, C., Fothergill, D. (2009). Exploiting otoacoustic emission testing to identify clinical and subclinical inner ear barotrauma in divers: potential risk factor for sensorineural hearing loss. Journal of otolaryngology – head & neck surgery, 38 (1), 67–76.

Received 22.10.2024
Received in revised form 19.11.2024
Accepted 05.12.2024
Published 26.12.2024

Дєєва Юлія Валеріївна, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра оториноларингології, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, бул. Т. Шевченка, 13, м. Київ, Україна, 01601
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0552-1254

Бондаренко Ярослава Вікторівна*, аспірант, кафедра оториноларингології, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, бул. Т. Шевченка, 13, м. Київ, Україна, 01601
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2074-5934

***Corresponding author:** *Yaroslava Bondarenko, e-mail: marchenkojasa@gmail.com*