

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ О.О.БОГОМОЛЬЦЯ
МІНІСТЕРСТВА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

БОНДАРЕНКО ЯРОСЛАВА ВІКТОРІВНА

УДК 616.2;612.8

ДИСЕРТАЦІЯ

**КЛІНІКО-ПАТОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УРАЖЕННЯ
ВНУТРІШНЬОГО ВУХА У ДАЙВЕРІВ**

222 Медицина

22 Охорона здоров'я

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ **Бондаренко Ярослава Вікторівна**

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник – **Дєєва Юлія Валеріївна**, доктор медичних наук,
професор

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Бондаренко Ярослава Вікторівна. Клініко-патофізіологічні особливості ураження внутрішнього вуха у дайверів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії, галузь знань – 22 «Охорона здоров'я», спеціальність – 222 «Медицина». – Міністерство охорони здоров'я України, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, 2025 р.

У дисертаційній роботі представлені результати клінічного проспективного дослідження, що базується на аналізі даних аудіологічного обстеження осіб, що піддаються частому впливу дії підвищеного гідростатичного тиску (дайвери).

Сучасні дослідження відкривають нові горизонти в розумінні патогенезу розвитку зниження слуху в осіб, що займаються як рекреаційним, так і військовим дайвінгом, і особливе місце в цьому займають стажозалежні чинники – фактична максимальна глибина занурення та загальна кількість занурень[1].

Останніми роками занурення з аквалангом (SCUBA - Self-Contained Underwater Breathing Apparatus) набуло значної популярності у світі. Дайвінг може бути як рекреаційною, так і професійною діяльністю. Наприклад, технічні дайвери[2], які виконують будівельні роботи під водою, чи військові дайвери, які здійснюють спеціальні завдання в реальних воєнних умовах сьогодення. І тому актуальність обраної теми дослідження видається обґрунтованою.

Хоча цей вид активності є відносно безпечним за умови відповідної підготовки та сертифікації, дайвінг все ж пов'язаний із потенційними ризиками. Дайвери зазнають впливу гіпербаричного середовища –

середовища з підвищеним атмосферним тиском, що може мати різноманітні наслідки для організму.

Хоча вплив дайвінгу на організм в цілому досліджується вже тривалий час науковцями[3,4], та його отоларингологічні прояви, зокрема вплив на внутрішнє вухо, досліджені значно менше. Взаємозв'язок між дайвінгом та його впливом на внутрішнє вухо важливий для розуміння розвитку патології - сенсоневральної приглухуватості. Саме це захворювання створює значне навантаження на систему охорони здоров'я. Сенсоневральна приглухуватість, за різними даними, становить від 5 до 20 осіб на 100 000 населення незалежно від статі [5]. Захворювання супроводжується скаргами на зниження слуху та розділяється на ступені залежно від глибини порушення[6]. Грубі порушення зі зниженням слуху до IV рівня сенсоневральної приглухуватості потребують особливої уваги та значно більших економічних затрат на лікування.

Гіпербаричне середовище, впливу якого зазнають дайвери, може впливати через різні механізми, зокрема периферичну вазоконстрикцію, на підвищення артеріального тиску[7] та розвиток парадоксальної емболізації при супутній патології [8,9].

У цьому контексті наше дослідження набуває особливої актуальності. Впродовж дослідження ми прагнули не тільки дослідити стан периферичного відділу слухового аналізатора у дайверів, а й створити практичний інструмент для прогнозування розвитку зниження слуху у осіб, що зазнають впливу підвищеного гідростатичного тиску. Особлива увага при цьому приділялась кореляції між рівнями фактичної максимальної глибини занурення[10], загальної кількості занурень[1, 10] та ризиком розвитку зниження слуху – ключовому аспекту, який відіграє важливу роль у відновленні високої якості життя.

Одним із вагомих факторів зниження слуху у осіб, що часто занурюються, є відкритий овальний отвір серця. Незарощене овальне вікно є

поширеною знахідкою в загальній популяції. За даними різних авторів, від 5-30% дорослого населення можуть мати дану патологію [5, 6, 7]. Якщо розмір дефекту незначний, він може мати безсимптомний перебіг [8, 9]. При зануренні, зі збільшенням глибини, збільшується гідростатичний тиск, що сприяє парадоксальній емболізації, яка і є провокуючим фактором розвитку декомпресії внутрішнього вуха як безсимптомної, так і з клінічними проявами – зниженням слуху.

Наукова робота спрямована на визначення факторів, які мають найбільший вплив на розвиток патології слуху, що є важливим питанням сучасної оториноларингології.

Мета дослідження: дослідити особливості ураження звукопровідного та звукосприймаючого апарату у дайверів.

У відповідності до мети сформульовані наступні **задачі дослідження:**

1. Провести дослідження функції периферичного відділу слухового аналізатора у дайверів суб'єктивними методами дослідження слуху (порогова тональна аудіометрія, мовна аудіометрія).
2. Дослідити рівень розбірливості мови у дайверів за допомогою розроблених та валідованих односкладових мовних тестів.
3. Провести дослідження функції периферичного відділу слухового аналізатора у дайверів об'єктивними методами дослідження слуху (імпедансометрія, отоакустична емісія).
4. Визначити наявність асоціативних зв'язків ураження внутрішнього вуха, спричиненого змінами атмосферного тиску, з парадоксальною мікроемболізацією внаслідок незарощеного овального вікна
5. Визначення факторів ризику ураження внутрішнього вуха у дайверів.

Методи дослідження: загальноклінічні (анамнез, скарги, загальний отоларингологічний огляд), інструментальні (акустична імпедансометрія,

порогова тональна аудіометрія, мовна аудіометрія, отоакустична емісія на частоті продуктів спотворення, ехокардіографія), статистичні.

За даними дослідження були отримані наступні результати:

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- проведено дослідження порогів чутливості порогової тональної аудіометрії у дайверів та встановлено, що пороги звукосприйняття у групи дайверів з досвідом більше 5 років, на частотах 0,25 та 8кГц, достовірно вищі у порівнянні з 2-ю групою (з досвідом менше 5 років) ($p < 0,05$), що визначено за допомогою тесту Mann-Whitney U;
- проведено валідацію односкладових мовних тестів українською мовою для визначення розбірливості мовлення. Кореляційний аналіз між результатами тестів показав слабку позитивну кореляцію ($p = 0,092$) на 50% розбірливості. Апробація односкладового мовного тексту показала його достовірно вищу складність ($p < 0,05$) порівняно із класичною мовною аудіометрією із застосуванням числівників та списків багатоскладових слів;
- при аналізі рівня порогів мовної аудіометрії односкладовими мовними тестами виявлено достовірне зниження 50% рівня розбірливості в осіб, які займаються дайвінгом, у порівнянні з особами з нормальним слухом за даними тональної порогової аудіометрії. Саме тому необхідно проводити мовні тести для визначення розбірливості, адже при рутинній пороговій тональній аудіометрії неочевидні порушення можуть бути упущені;
- встановлено кореляційний зв'язок між перцептивною чутливістю слухового аналізатора та стажозалежними показниками занурення. Встановлено, що зі збільшенням кількості занурень та глибини достовірно підвищуються пороги кісткового проведення за даними порогової тональної аудіометрії;
- досліджено, що мотильність зовнішніх волоскових клітин за даними отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення у осіб, що займаються дайвінгом, достовірно нижча у порівнянні з групою здорових добровольців;

- досліджено взаємозв'язок між мотильністю зовнішніх волоскових клітин та наявністю незарощеного овального вікна у дайверів. Встановлено, що наявна негативна залежність між наявністю овального вікна та порушенням мотильності зовнішніх волоскових клітин у більшій мірі в базальній частині завитки (на частотах 1000-4000Гц). Однак у зв'язку з відносно невеликим об'ємом вибірки дані результати можна вважати контраверсійними.

Практичне значення одержаних результатів визначається тим, що вони дали можливість:

- *доповнити:* наукові дані в медицині, зокрема оториноларингології, щодо патогенетичних механізмів розвитку сенсоневральної приглухуватості в осіб, які тривалий час займаються дайвінгом;
- *підвищити:* ефективність діагностичного маршруту в осіб, що тривалий час займаються дайвінгом та перебувають під впливом підвищеного гідростатичного тиску;
- *розробити:* прогнозування ризику розвитку парадоксальної емболізації та раптової втрати слуху в осіб, які перебувають під впливом підвищеного гідростатичного тиску.

Ключові слова: сенсоневральна приглухуватість, аудіометрія, порушення слуху, внутрішнє вухо, об'єктивна аудіометрія, незарощене овальне вікно, мовна аудіометрія, змішана приглухуватість, раптова нейросенсорна приглухуватість, хронічні захворювання, діагностика.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Апробація мовного тесту односкладових слів українською мовою в оториноларингологічній та сурдологічній практиці. *Оториноларингологія*. 2024 №4-6(7), 2024 27-36с;

2. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Дослідження стану слухової системи у осіб, що зазнали впливу підвищеного гідростатичного тиску. *ScienceRice: Medical Science* 2024. 4(61) 29-35 <https://doi.org/10.15587/2519-4798.2024.323704>;
3. Бондаренко Я.В., Дєєва Ю.В. Патофізіологічні механізми розвитку порушень слуху у дайверів. *Клінічна та профілактична медицина*, 2025, випуск 2 (40). <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2025.12>.

Апробація результатів дисертації:

1. Bondarenko Ya. (2024). Результати мовної аудіометрії з використанням мовних тестів у дайверів. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal (SUPPLEMENT)*, 151(4), 201. <https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.4.2024>

SUMMARY

Bondarenko Yaroslava Viktorivna. Clinico-pathophysiological features of inner ear damage in divers – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of doctor of Philosophy, field of knowledge – 22 “Healthcare,” Specialty – 222 “Medicine.” – Ministry of Health of Ukraine, National Medical University, Kyiv, 2025.

The dissertation presents the results of a clinical prospective study based on the analysis of audiological examination data of individuals frequently exposed to elevated hydrostatic pressure (divers).

Modern research opens new horizons in understanding the pathogenesis of hearing loss in individuals engaged in both recreational and military diving, with particular emphasis on experience-dependent factors such as actual maximum dive depth and total number of dives [1]. In recent years, scuba diving (SCUBA) has gained significant popularity worldwide. Diving serves not only as a recreational activity but also as a professional endeavor, such as technical divers [2] performing underwater construction work or military divers conducting specialized tasks in real-world combat conditions today. Thus, the relevance of the chosen research topic appears well-justified.

Although this activity is relatively safe with proper training and certification, diving is still associated with potential risks. Divers are exposed to a hyperbaric environment – an environment with elevated atmospheric pressure – which can have various consequences for the body.

While the overall impact of diving on the body has been studied by scientists for a long time [3, 4], its otolaryngological manifestations, particularly the effects on the inner ear, remain underexplored. The relationship between diving and inner ear pathology is crucial for understanding the development of sensorineural hearing loss, a condition that places a significant burden on the healthcare system. According

to various sources, sensorineural hearing loss affects 5 to 20 individuals per 100,000 population, regardless of gender [5]. The condition manifests with complaints of hearing impairment and is classified into degrees based on the severity of the damage [6]. Severe hearing loss, reducing hearing to a socially inadequate level, requires special attention and significantly higher economic costs for treatment.

The hyperbaric environment to which divers are exposed can exert its effects through various mechanisms, including peripheral vasoconstriction, increased arterial pressure [7], and provocation of paradoxical embolization in the presence of concomitant pathology [8, 9].

In this context, our study gains particular relevance. Throughout the research, we aimed not only to investigate the state of the peripheral auditory analyzer in divers but also to develop a practical tool for predicting the development of hearing loss in this designated group. Special attention was given to the correlation between actual maximum dive depth [10], total number of dives [1, 10], and the risk of hearing loss – a key aspect that plays a critical role in maintaining a full quality of life.

One significant factor contributing to hearing loss in frequent divers is a patent foramen ovale – an embryonic remnant of the fetal oval foramen. A patent foramen ovale is a common finding in the general population, with prevalence ranging from 5–30% among adults, according to various authors [5, 6, 7]. If the defect is minor, it may remain asymptomatic [8, 9]. During diving, as depth increases, hydrostatic pressure rises, promoting paradoxical embolization, which acts as a triggering factor for inner ear decompression, both asymptomatic and with clinical manifestations such as hearing loss.

In this context, our study acquires special significance. It aimed not only to assess the condition of the peripheral auditory analyzer in divers but also to create a practical tool for predicting hearing loss development in this designated group. Particular focus was placed on investigating the risk of hearing loss and determining

the severity of hearing impairment – key factors that significantly affect quality of life.

The scientific work is aimed at addressing important questions in modern otolaryngology and advancing the understanding of hearing pathology.

Research aim: To investigate the features of damage to the sound-conducting and sound-perceiving apparatus in divers.

In accordance with the aim, the following research **objectives** were formulated:

1. Conduct a study of the peripheral auditory analyzer function in divers using subjective hearing assessment methods (threshold tonal audiometry).
2. Conduct a study of the peripheral auditory analyzer function in divers using objective hearing assessment methods (impedance audiometry, otoacoustic emissions).
3. Investigate speech intelligibility in divers using developed and validated monosyllabic speech tests.
4. Identify risk factors for inner ear damage in divers exposed to elevated atmospheric pressure.

Research methods: General clinical (history, complaints, general otolaryngological examination), instrumental (acoustic impedance audiometry, threshold tonal audiometry, otoacoustic emissions at distortion product frequencies, echocardiography), and statistical methods.

According to the study, the following results were obtained:

The scientific novelty of the obtained results lies in the fact that for the first time:

1. A study of sensitivity thresholds in threshold tonal audiometry was conducted in divers, establishing that sound perception thresholds in the group with over 5 years of experience, at frequencies of 0.25 and 8 kHz, were significantly higher compared to the group with less than 5 years of experience ($p < 0.05$), as determined by the Mann-Whitney U test.

2. Validation of monosyllabic speech tests in Ukrainian was performed to assess speech intelligibility. Correlation analysis between test results showed a weak positive correlation ($p = 0.092$) at 50% intelligibility. Testing of the monosyllabic speech test demonstrated significantly higher complexity ($p < 0.05$) compared to classical speech audiometry using numerals and multisyllabic word lists.
3. Analysis of speech audiometry thresholds using monosyllabic tests revealed a significant reduction in 50% intelligibility in individuals engaged in diving compared to those with normal hearing based on threshold tonal audiometry. This underscores the need for speech tests to assess intelligibility, as subtle impairments may be missed during routine threshold tonal audiometry.
4. A correlation was established between perceptual sensitivity of the auditory analyzer and experience-dependent diving factors. It was found that with an increase in the number of dives and depth, bone conduction thresholds significantly rise according to threshold tonal audiometry data.
5. It was determined that the motility of outer hair cells, based on otoacoustic emissions at distortion product frequencies, is significantly lower in individuals engaged in diving compared to a group of healthy volunteers.
6. The relationship between outer hair cell motility and the presence of a patent foramen ovale in divers was investigated. A negative correlation was identified between the presence of a patent foramen ovale and impaired outer hair cell motility, particularly in the basal region of the cochlea (at frequencies of 1000–4000 Hz). However, due to the relatively small sample size, these results may be considered controversial.

The practical significance of the obtained results is determined by their ability to:

- **Supplementing:** Scientific data in medicine, particularly otolaryngology, regarding the pathogenetic mechanisms of sensorineural hearing loss development in individuals engaged in prolonged diving.

- **Enhancing:** The effectiveness of the diagnostic pathway for individuals engaged in prolonged diving and exposed to elevated hydrostatic pressure.
- **Developing:** Prediction of the risk of paradoxical embolization and sudden hearing loss in individuals exposed to elevated hydrostatic pressure.

Keywords: Sensorineural hearing loss, audiometry, hearing impairment, inner ear, objective audiometry, patent foramen ovale, speech audiometry, mixed hearing loss, sudden sensorineural hearing loss, chronic diseases, diagnostics.

List of Author's Publications

Scientific works in which the main scientific results of the dissertation are published:

1. Dieieva Yu.V., Bondarenko Ya.V. Validation of a Monosyllabic Speech Test in Ukrainian in Otolaryngological and Audiological Practice. *Otolaryngology*, 2024, No. 4-6(7), pp. 27–36.
2. Dieieva Yu.V., Bondarenko Ya.V. Study of the Auditory System Condition in Individuals Exposed to Elevated Hydrostatic Pressure. *ScienceRise: Medical Science*, 2024, 4(61), pp. 29–35. <https://doi.org/10.15587/2519-4798.2024.323704>
3. Bondarenko Ya.V., Dieieva Yu.V. Pathophysiological Mechanisms of Hearing Impairment Development in Divers. *Clinical and Preventive Medicine*, 2025, Issue 2(40). <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2025.12>

Approbation of dissertation results:

1. Bondarenko Ya. (2024). Results of Speech Audiometry Using Speech Tests in Divers. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal (SUPPLEMENT)*, 151(4), 201. <https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.4.2024>

ЗМІСТ

Анотація	2
Summary	8
Зміст	13
Перелік умовних скорочень	15
Вступ	16
Розділ 1. Огляд літератури	22
1.1 Види дайвінгу	22
1.2 Скуба-дайвінг – основні характеристики занурення	24
1.3 Декомпресійний та бездекомпресійний дайвінг	25
1.4 Декомпресійна хвороба	28
1.5 Декомпресія внутрішнього вуха та баротравма внутрішнього вуха	29
1.6 Етіологія, патогенез та клінічна картини сенсоневральної приглухуватості	31
1.7 Незарощене овальне вікно в дорослих	33
Розділ 2. Матеріали та методи дослідження	36
2.1. Загальна характеристика обстежених хворих	36
2.2. Суб'єктивні методи дослідження слуху	40
2.2.1. Порогова тональна аудіометрія	42
2.2.2. Методика проведення мовної аудіометрії	43
2.3. Об'єктивні методи дослідження слуху	43
2.3.1. Методика акустичної імпедансометрії	44
2.3.2. Реєстрація отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення	45

2.4. Методика проведення ехокардіографії	46
2.5. Статичні методи обробки даних	47
Розділ 3. Дослідження стану слухової системи в осіб, що зазнали впливу підвищеного гідростатичного тиску	49
Розділ 4. Апробація мовного тесту односкладових слів українською мовою в оториноларингологічній та сурдологічній практиці	60
Розділ 5. Результати мовної аудіометрії з використанням односкладових мовних тестів у дайверів	72
Розділ 6. Патофізіологічні механізми розвитку порушень слуху у осіб із незарощеним овальним вікном	78
Розділ 7. Результати дослідження та їх обговорення.	92
Висновки	99
Практичні рекомендації	101
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	102
Додаток 1. Розподіл груп односкладових слів	115
Додаток А. Список публікацій здобувача за темою дисертації	118
Додаток Б. Апробація дисертації	119

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДКХ	Декомпресійна хвороба
АГЕ	Артеріальна газова емболія
ІЕВt	Баротравма внутрішнього вуха
ІЕDCS	Декомпресія внутрішнього вуха
PFO	Відкритий овальний отвір
СНП	Сенсоневральна приглухуватість
ОАЕ	Отоакустична емісія
ОАЕ ПС	Отоакустична емісія на частоті продуктів спотворення
МПП	Міжпередсердна перетинка
SCUBA	Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

ВСТУП

Дайвінг – це процес занурення та перебування людини під водою, що зазвичай відбувається із використанням спеціального спорядження для дихання (scuba-diving). За даними Всесвітньої організації PADI®, з 1967 року у світі сертифіковано більше ніж 29 мільйонів дайверів [12]. Під час занурення на дайверів впливає низка зовнішніх факторів, таких як тиск стовпчика води, температура води та навколишній шум. Підвищення тиску зовнішнього середовища разом із іншими факторами, такими як вибір профілю занурення, безпосередньо впливає на стан органів та систем під час та після занурення і може викликати такі небезпечні патології слухової системи, як декомпресія та баротравма внутрішнього вуха [13, 14], внаслідок чого розвивається сенсоневральна приглухуватість. Враховуючи важливість повноцінної роботи всіх сенсорних систем для людей, що виконують занурення, можна стверджувати, що слух є важливим інструментом для підтримування безпеки під водою. Оцінка здатності чітко розпізнавати звукові сигнали та зовнішній шум дозволяє забезпечити надійну реакцію у критичних ситуаціях під водою.

Сенсоневральна приглухуватість – це захворювання, що зазвичай має односторонній характер, характеризується зниженням слуху принаймні на 30 дБ на 3 і більше суміжних частотах [6]. За різними даними, захворюваність становить 5–20 осіб на 100 000 населення незалежно від статі [5]. Серед етіологічних факторів виділяють: токсичний вплив, генетичну схильність, аутоімунні, травматичні, неопластичні, метаболічні, судинні чинники та ідіопатичний генез [15]. Розуміння патофізіології раптової втрати слуху є надзвичайно важливим у розробці методів попередження та лікування сенсоневральної приглухуватості.

Одним із вагомих факторів розвитку зниження слуху в осіб, що часто занурюються, є відкритий овальний отвір серця – ембріональний залишок овального отвору плода. Незарощене овальне вікно є поширеною знахідкою в загальній популяції; за даними різних авторів, 5-30% дорослого населення

можуть мати дану патологію [16, 17, 18]. Якщо розмір дефекту незначний, він може навіть протікати безсимптомно [19]. При зануренні зі збільшенням глибини збільшується гідростатичний тиск[20], що сприяє парадоксальній емболізації, яка і є провокуючим фактором розвитку декомпресії внутрішнього вуха, як безсимптомної, так і з клінічними проявами – зниженням слуху.

Сучасні дослідження відкривають нові горизонти в розумінні патогенезу розвитку зниження слуху в осіб, що займаються як рекреаційним, так і військовим дайвінгом, і особливе місце в цьому займають стажозалежні чинники – фактична максимальна глибина занурення та загальна кількість занурень[11].

У цьому контексті наше дослідження набуває особливої актуальності. В ньому ми прагнули не просто дослідити стан периферичного відділу слухового аналізатора у дайверів, а й створити практичний інструмент для прогнозування розвитку зниження слуху у декретованого контингенту. Особлива увага при цьому приділялась кореляції між рівнями фактичної максимальної глибини занурення, загальної кількості занурень та ризиком розвитку зниження слуху – ключовому аспекту, який відіграє важливу роль у повноцінній якості життя.

Наукова робота спрямована знайти відповіді на важливі питання сучасної оториноларингології та зробити крок уперед у розумінні патології слуху.

Мета дослідження: дослідити особливості ураження звукопровідного та звукосприймаючого апарату у дайверів.

У відповідності до мети сформульовані наступні **задачі дослідження:**

1. Провести дослідження функції периферичного відділу слухового аналізатора у дайверів суб'єктивними методами дослідження слуху (порогова тональна аудіометрія, мовна аудіометрія).
2. Дослідити рівень розбірливості мови у дайверів за допомогою розроблених та валідованих односкладових мовних тестів.

3. Провести дослідження функції периферичного відділу слухового аналізатора у дайверів об'єктивними методами дослідження слуху (імпедансометрія, отоакустична емісія).
4. Визначити наявність асоціативних зв'язків ураження внутрішнього вуха, спричиненого змінами атмосферного тиску, з парадоксальною мікроемболізацією внаслідок незарощеного овального вікна.
5. Визначення факторів ризику ураження внутрішнього вуха у дайверів.

Об'єкт дослідження: зниження слуху у дайверів

Предмет дослідження: стан перцептивної системи внутрішнього вуха у дайверів

Методи дослідження: загальноклінічні (анамнез, скарги, загальний отоларингологічний огляд), інструментальні (акустична імпедансометрія, порогова тональна аудіометрія, отоакустична емісія на частоті продуктів спотворення, ехокардіографія), статистичні.

За даними дослідження були отримані наступні результати:

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- проведено дослідження порогів чутливості порогової тональної аудіометрії у дайверів та встановлено, що пороги звукосприйняття у групи дайверів з досвідом більше 5 років, на частотах 0,25 та 8кГц, достовірно вищі у порівнянні з 2-ю групою (з досвідом менше 5 років) ($p < 0,05$), що визначено за допомогою тесту Mann-Whitney U;
- проведено валідацію односкладових мовних тестів українською мовою для визначення розбірливості мовлення. Кореляційний аналіз між результатами тестів показав слабку позитивну кореляцію ($p = 0,092$) на 50% розбірливості. Апробація односкладового мовного тексту показала його достовірно вищу складність ($p < 0,05$) порівняно із класичною мовною аудіометрією із застосуванням числівників та списків багатоскладових слів;

- при аналізі рівня порогів мовної аудіометрії односкладовими мовними тестами виявлено достовірне зниження 50% рівня розбірливості в осіб, які займаються дайвінгом, у порівнянні з особами з нормальним слухом за даними тональної порогової аудіометрії. Саме тому необхідно проводити мовні тести для визначення розбірливості, адже при рутинній пороговій тональній аудіометрії неочевидні порушення можуть бути упущені;
- встановлено кореляційний зв'язок між перцептивною чутливістю слухового аналізатора та стажозалежними показниками занурення. Встановлено, що зі збільшенням кількості занурень та глибини достовірно підвищуються пороги кісткового проведення за даними порогової тональної аудіометрії;
- досліджено, що мотильність зовнішніх волоскових клітин за даними отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення у осіб, що займаються дайвінгом, достовірно нижча у порівнянні з групою здорових добровольців;
- досліджено взаємозв'язок між мотильністю зовнішніх волоскових клітин та наявністю незарощеного овального вікна у дайверів. Встановлено, що наявна негативна залежність між наявністю овального вікна та порушенням мотильності зовнішніх волоскових клітин у більшій мірі в базальній частині завитки (на частотах 1000-4000Гц). Однак у зв'язку з відносно невеликим об'ємом вибірки дані результати можна вважати контраверсійними.

Практичне значення одержаних результатів визначається тим, що вони дали можливість:

- *доповнити:* наукові дані в медицині, зокрема оториноларингології, щодо патогенетичних механізмів розвитку сенсоневральної приглухуватості в осіб, які тривалий час займаються дайвінгом;
- *підвищити:* ефективність діагностичного маршруту в осіб, що тривалий час займаються дайвінгом та перебувають під впливом підвищеного гідростатичного тиску;

- *розробити:* критерії прогнозування ризику розвитку парадоксальної емболізації та раптової втрати слуху в осіб, які перебувають під впливом підвищеного гідростатичного тиску.

Ключові слова: сенсоневральна приглухуватість, аудіометрія, порушення слуху, внутрішнє вухо, об'єктивна аудіометрія, незарощене овальне вікно, мовна аудіометрія, змішана приглухуватість, раптова нейросенсорна приглухуватість, хронічні захворювання, діагностика.

Особистий внесок здобувача

Дисертант самостійно здійснив комплексний аналіз сучасних наукових джерел з досліджуваної проблематики та провів детальний патентно-інформаційний пошук. Мета та завдання дослідження були визначені при консультативній підтримці наукового керівника. Інтерпретація та оцінка отриманих результатів проводилась у співпраці з науковим керівником. Дисертантом було організовано та виконано проспективне дослідження з формуванням відповідних груп пацієнтів. Математично-статистичну обробку даних та їх порівняльний аналіз із наявними в літературі результатами здійснено безпосередньо здобувачем. Формулювання висновків та узагальнення результатів дослідження виконані дисертантом самостійно. Текст дисертаційної роботи підготовлено особисто здобувачем, а результати досліджень представлено на наукових форумах та опубліковано у фахових виданнях. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, використано фактичний матеріал та основні наукові результати, отримані дисертантом особисто.

Публікації. За темою дисертаційного дослідження надруковано 4 наукових праці: із них 3 статті (1 опубліковано у виданні, що індексується наукометричною базою Scopus, 2 статті опубліковано в базі рекомендованих ДАК України наукових фахових виданнях України категорії Б) та 1 тези.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація викладена на 118 сторінках машинопису і складається із анотації, вступу, огляду літератури, опису матеріалів і методів дослідження, 4 розділів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів дослідження, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел літератури, додатків. Робота ілюстрована 17 таблицями, 15 рисунками. Список використаної літератури містить 101 джерело літератури, з яких 10 кирилицею, 91 латиницею.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Апробація мовного тесту односкладових слів українською мовою в оториноларингологій та сурдологічній практиці. *Оториноларингологія*. 2024 №4-6(7), 2024 27-36с;
2. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Дослідження стану слухової системи у осіб, що зазнали впливу підвищеного гідростатичного тиску. *ScienceRice: Medical Science* 2024. 4(61) 29-35 <https://doi.org/10.15587/2519-4798.2024.323704>;
3. Бондаренко Я.В., Дєєва Ю.В. Патофізіологічні механізми розвитку порушень слуху у дайверів. *Клінічна та профілактична медицина*, 2025, випуск 2 (40). <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2025.12>.

Апробація результатів дисертації:

6. Bondarenko Ya. (2024). Результати мовної аудіометрії з використанням мовних тестів у дайверів. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal (SUPPLEMENT)*, 151(4), 201. <https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.4.2024>

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

1.1 Види дайвінгу

Дайвінг – це процес занурення та перебування людини під водою, що зазвичай відбувається із використанням спеціального спорядження для дихання. Його можна класифікувати за типом спорядження, метою занурення, середовищем та глибиною занурення. Безумовно, це все може впливати на фізіологічні аспекти безпеки та стан здоров'я дайверів.

Занурення виконується з певною метою, серед яких може бути дослідження підводного середовища, проведення наукових досліджень, спортивні змагання або рекреація. З наукової точки зору, дайвінг є складним процесом, що вимагає урахування фізіологічних особливостей всіх органів і систем організму, фізичних і технічних аспектів використовуваного обладнання. Необхідно розуміти, наскільки сильно організм людини піддається впливу високого тиску зовнішнього середовища на глибині, за низької температури, а також дефіциту кисню.

За використанням обладнання розрізняють наступні види дайвінгу[21]:

1. Снорклінг – занурення під воду без спеціального обладнання для дихання, зазвичай із трубкою, маскою і ластами, проводиться на невеликій глибині біля поверхні води, часто з рекреаційною метою.
2. Скуба-дайвінг – занурення з використанням автономного дихального апарату, який дозволяє дихати на значній глибині. Це найбільш популярний вид дайвінгу для аматорів, дослідників та спортсменів.
3. Фрідайвінг (Apnea Diving) – занурення під воду на затримці дихання без використання дихальних апаратів. Це вид спортивного дайвінгу, що потребує високої фізичної підготовки та контролю за диханням [22].

За метою занурення можна виділити:

1. Технічний дайвінг – занурення на великі глибини, зазвичай із використанням спеціального спорядження із закритим контуром – ребризером – або відкритим та зміною сумішей газів (наприклад, тримікс або геліокс), що дозволяє долати межі, недоступні для скуба-дайвінгу. Використовується переважно для досліджень дикої природи, археології, у військових операціях та в будь-яких інших випадках, коли важлива тиша або тривале перебування на глибині[23, 24].
2. Комерційний дайвінг – занурення для виконання технічних або промислових завдань, таких як підводне будівництво, ремонт та обслуговування, зокрема у важкодоступних зонах, на великих глибинах або в умовах високого тиску.
3. Науковий дайвінг – занурення для проведення досліджень підводної флори, фауни, геології, кліматичних змін або археологічних артефактів. Науковий дайвінг часто включає збір зразків і ведення документування на глибині[25].
4. Рекреаційний дайвінг – це вид підводного плавання, метою якого є відпочинок, а не професійна діяльність чи виконання технічних завдань. Основна мета рекреаційного дайвінгу – дослідження підводного світу, спостереження за морськими мешканцями. Занурення, як правило, відбувається на глибину до 40 метрів. Зазвичай використовується базове скуба-спорядження [26, 27].

Залежно від місця та глибини занурення можна виділити:

1. Печерний дайвінг [28] – спеціалізований вид занурень у підводні печери, де часто відсутнє природне освітлення і є значні обмеження щодо доступу до поверхні. Вимагає високого рівня підготовки та використання спеціального обладнання для безпечного пересування в обмеженому просторі.
2. Open Water дайвінг [29] – це найпоширеніший та базовий рівень сертифікованого дайвінгу, що дозволяє дайверам занурюватися у відкритих водоймах, таких як океани, моря, озера та річки. Дайвери мають право занурюватися на глибину до 18 метрів. Занурення на більші глибини вимагають додаткової підготовки та досвіду.

3. Глибоководний дайвінг – дайвери мають навички занурення на глибину понад 40 метрів, а також знають правила та протоколи безпеки для таких занурень.
4. Нічний дайвінг – дайвери навчені безпечному пересуванню у воді в умовах низької видимості та взаємодії з підводними ліхтарями. Нічне занурення відкриває нові можливості для спостереження за підводним життям, яке активізується в темний час доби.

1.2 Скуба-дайвінг – основні характеристики занурення

Скуба-дайвінг (SCUBA diving) – це вид підводного плавання, де використовується автономний дихальний апарат, який забезпечує дайвера повітрям чи газовою сумішшю під водою. Скуба-апарат (SCUBA – Self-Contained Underwater Breathing Apparatus)[30] – це автономний дихальний пристрій, що дозволяє дайверу дихати під водою за допомогою запасу стисненого повітря або спеціальної газової суміші. Він складається з декількох основних елементів, що забезпечують комфорт і безпеку під час занурення.

Основні компоненти скуба-апарата:

1. Балон зі стисненим повітрям або газовою сумішшю – це основний компонент, де зберігається повітря під високим тиском (звичайно 200–300 бар). Залежно від типу занурення можуть використовуватися різні газові суміші, такі як повітря, нітрокс (суміш азоту і кисню) або тримікс (суміш гелію, кисню і азоту).
2. Регулятор – це пристрій, який знижує тиск повітря з балона до рівня, придатного для дихання на поточній глибині. Деякі регулятори також мають додатковий дихальний клапан (октопус) на випадок аварійної ситуації.
3. Жилет-компенсатор плавучості (BCD – Buoyancy Control Device) – жилет, який дозволяє регулювати плавучість дайвера шляхом наповнення чи випускання повітря з підводного балона. Це допомагає дайверу залишатися на певній глибині або підніматися на поверхню.

4. Манометр – пристрій для вимірювання залишку повітря у балоні, який дозволяє контролювати рівень запасу повітря під час занурення і планувати час виходу на поверхню.
5. До складу додаткового обладнання скуба-апарата також можуть входити інші важливі елементи для безпеки та зручності, зокрема: глибиномір – для вимірювання поточної глибини занурення; комп'ютер для дайвінгу – відображає дані про глибину, час занурення та безпеку, допомагає уникнути декомпресійної хвороби; підводний компас – для орієнтації під водою [30].

Скуба-апарат забезпечує подачу повітря, коли дайвер робить вдих. Під час вдиху повітря проходить через регулятор, який знижує тиск до рівня, комфортного для дихання, і надходить через мундштук. На видиху повітря через спеціальний клапан виводиться назовні у воду, зберігаючи систему герметичною для подальшого вдиху. Апарат для автономного дихання під водою такого типу дає можливість дайверу залишатися під водою без необхідності підніматися на поверхню для вдиху. Крім того, апарат можна налаштувати для занурення на різні глибини та умови занурення, використовуючи різні газові суміші для безпечного дайву. Час перебування під водою залежить від кількості повітря в балоні, глибини занурення та рівня фізичної активності дайвера. Зазвичай скуба-дайвінг передбачає контроль за рівнем повітря та відлік часу, щоб уникнути декомпресійної хвороби при підйомі на поверхню. Для безпечного дайвінгу необхідно пройти відповідну підготовку, яка включає теоретичну частину (правила безпеки, фізіологія дайвінгу, вплив тиску), тренування в контрольованих умовах (наприклад, у басейні) та фінальні занурення в реальних умовах відкритої води.

1.3 Декомпресійний та бездекомпресійний дайвінг

Глибини та час, які дайвер планує провести під водою під час занурення, називається профілем занурення. Він складається заздалегідь та вноситься у

особистий комп'ютер, що допоможе безпечно виконати дайвінг та уникнути декомпресійної хвороби. Профіль занурення включає різні параметри, такі як максимальна глибина занурення, загальний час під водою, а також варіанти підйому, зупинки на декомпресійних глибинах (якщо це потрібно) та інші аспекти, що визначають, як саме буде проходити занурення. Залежно від профілю занурення виділяють бездекомпресійний та декомпресій дайвінг.

Бездекомпресійний дайвінг (також відомий як "поверхневий" чи "безпечний" дайвінг) – це тип занурення, при якому глибина та час перебування під водою обмежені таким чином, щоб уникнути необхідності в декомпресії після підйому на поверхню[31]. Це означає, що дайвер може підніматися на поверхню без затримок на певних глибинах, що вимагаються для виведення накопичених в організмі газів. Глибина занурення і час перебування під водою повинні відповідати певним межам, які визначаються таблицями для дайвінгу або за допомогою дайвінгових комп'ютерів. Зазвичай для бездекомпресійного дайвінгу глибина не перевищує 10–30 метрів, а час перебування під водою – до 60 хвилин. Зі збільшенням глибини зменшується час, який можна провести без потреби в декомпресії. Під час бездекомпресійного дайвінгу дайвери можуть підніматися на поверхню без обов'язкових зупинок на проміжних глибинах для виведення азоту з організму. Всі гази, що потрапляють в організм під час занурення, виводяться за допомогою нормального дихання при підйомі. Оскільки під час бездекомпресійного дайвінгу не відбувається тривалого або глибокого занурення, кількість розчинених в організмі газів (зокрема, азоту) є невеликою, що значно знижує ризик виникнення декомпресійної хвороби.

Для планування як бездекомпресійного, так декомпресійного дайвінгу використовуються таблиці, проте сучасні дайвінгові комп'ютери можуть автоматично обчислювати ці дані в реальному часі на підставі даних про глибину, час занурення і попередніх занурень.

На противагу попередньому типу занурення, при декомпресійному дайвінгу глибина та час перебування під водою вищі, що призводить до накопичення розчинених в організмі газів, зокрема азоту. Після таких занурень, щоб уникнути розвитку декомпресійної хвороби, необхідно провести декомпресію – поступовий підйом на поверхню із зупинками на визначених глибинах для виведення цих газів.

Під час занурення зростає тиск навколишнього середовища, що призводить до підвищення розчинення газів (особливо азоту) у тканинах і рідинах організму, таких як кров і лімфа. Чим глибше занурення і чим довший час під водою, тим більше газів розчиняється в організмі. Азот, що міститься в атмосферному повітрі (близько 78%), є інертним газом, який не бере участь у хімічних процесах організму, проте при високому тиску азот розчиняється в крові і тканинах. Коли дайвер піднімається на поверхню, тиск навколишнього середовища зменшується, і азот, що розчинився в тканинах, починає поступово виходити при повільному підйомі із обов'язковими зупинками на певних глибинах (зазвичай це називають «декомпресійними зупинками»). Азот виводиться з організму через легені під час дихання. У декомпресійний період організм має достатньо часу для виведення азоту з тканин через легені. При неправильному підйомі або відсутності зупинок гази в крові можуть утворювати бульбашки, що призводить до серйозних ускладнень, включаючи декомпресійну хворобу. Саме тому декомпресія є обов'язковою процедурою для безпечного завершення занурення при великих глибинах і тривалих зануреннях.

Бездекомпресійний дайвінг має свої переваги, такі як менший ризик розвитку декомпресійної хвороби, доступність для початківців та швидкість планування. Однак навіть у такому типі занурень важливо дотримуватись обмежень по глибині та часу, щоб уникнути розвитку декомпресійної хвороби.

1.4 Декомпресійна хвороба

Декомпресійна хвороба— це збірне поняття для двох захворювань: декомпресійна хвороба (ДКХ) та артеріальна газова емболія (АГЕ). Патогенетичний механізм розвитку даної патології полягає в утворенні вільних бульбашок газу в тканинах та рідинах організму, які виникають під час або після спливання на поверхню внаслідок занурення на стисненому газі. Бульбашки є передбачуваним основним предиктором пошкодження при обох розладах, проте походження бульбашок при цьому є різним. При декомпресійній хворобі бульбашки утворюються переважно з інертного газу (азот з повітря, яким дихає дайвер), який розчиняється в тканинах під час занурення на стисненому газі. Під час і після підйому на поверхню («декомпресії»), якщо сума парціальних тисків газу перевищує навколишній тиск (стан, який називають «перенасичення»), у тканинах можуть утворюватися невеликі бульбашки, які переходять у венозний кровообіг. Бульбашки газу зазвичай крихітного розміру (більшість < 50 мкм), та все ж досить великі, щоб бути відфільтрованим легенеvim капілярним руслом, що перешкоджає бульбашкам досягти артеріального русла[32].

При АГЕ, якщо стиснений газ затримується в легенях під час підйому, легенева баротравма може ввести бульбашки безпосередньо в легеневі вени, а звідти в систему артеріального кровотоку. В обох ситуаціях бульбашки можуть спровокувати ішемічне, запальне та механічне пошкодження тканин та порушити їх мікроциркуляцію. У той час, коли АГЕ зазвичай проявляється інсультподібними проявами, пов'язаними з ураженням головного мозку, ДКХ може впливати на багато органів, включаючи мозок, спинний мозок, внутрішнє вухо, опорно-руховий апарат, серцево-легеневу систему, шкіру, а потенційні симптоми різноманітні як за природою, так і за ступенем тяжкості. Поширеними скаргами при розвитку декомпресійної хвороби є біль у м'язах скелетної мускулатури, шкірний висип протягом хвилин або годин після занурення. Біль може бути у ділянках плеча, ліктя, стегна або коліна. Він не

впливає на рух суглобів, зазвичай без місцевої болючості. Може бути мультифокальним та змінювати ступінь тяжкості. Крім того, біль може мати відстрочений початок – від кількох тижнів до місяців. Причинами артритного болю в суглобах може бути дисбаричний остеонекроз.

У 20% випадків декомпресійна хвороба супроводжується скаргами з боку шкірних покривів[33]. Найчастіше це еритематозні плями із нечіткими межами, що сверблять, або ж навпаки – чітко обмежені, ціанотично забарвлені. Крім того, пацієнти скаржаться на парестезії, підшкірний набряк, параплегії, оніміння, болі в животі та навіть затримку сечі. Біль у животі також може бути спричинений вільним газом у портальній вені. Надзвичайно небезпечними є «церебральні» порушення при декомпресійній хворобі. Такі пацієнти проявляють когнітивні порушення, дисартрію, атаксію, мають проблеми з концентрацією та пам'яттю, відчують втому, нездужання, головний біль та мінущі вогнищеві симптоми.

Серед інших органів-мішеней – звичайно внутрішнє вухо, ураження якого проявляється вестибулярним та кохлеарним синдромом. Вестибулярний синдром проявляється у 20% випадків декомпресійної хвороби та проявляється такими симптомами як нудота, запаморочення, атаксія. Кохлеарні симптоми зустрічаються рідше ніж вестибулярні та проявляються зниженням слуху і шумом у вухах[34].

1.5 Декомпресія внутрішнього вуха та баротравма внутрішнього вуха

Баротравма внутрішнього вуха (IEBt) і декомпресія внутрішнього вуха (IEDCS) – це два дисбаричних ушкодження внутрішнього вуха, що пов'язані з дайвінгом. Тоді як IEBt виникає від механічного пошкодження внаслідок градієнту тиску між середнім та внутрішнім вухом, IEDCS є результатом утворення бульбашок газу у венозній крові з подальшою артеріалізацією

бульбашок і розподілом через лабіринтну артерію в перетинчастий лабіринт. Хоча патофізіологічні механізми IEBt та IEDCS є відмінні, клінічні прояви цих станів проявляються подібним чином та представлені кохлео-вестибулярним синдромом. Клінічна подібність створює труднощі в розрізненні між IEBt і IEDCS, що може призвести до затримки або ж невідповідності у лікуванні [35, 36].

Для диференційної діагностики двох станів важливим є дослідження анамнезу. У пацієнтів з IEBt скарги потенційно можуть з'явитись на всіх етапах занурення. На противагу цьому, симптоми IEDCS з'являються лише при підйомі або відразу по досягненню поверхні. У пацієнтів з IEBt симптоми є переважно кохлеарними (94,0% з кохлеарними і 44,8% з вестибулярними симптомами), а при IEDCS переважають вестибулярні скарги (91,7% з вестибулярними і 33,0% з кохлеарними симптомами)[37].

Всім пацієнтам необхідно провести повне отологічне обстеження, що включає отоскопічне, камертонне та вестибулярне тестування біля ліжка, тональна аудіометрія по можливості. Ці тести забезпечать визначення типу втрати слуху та/або вестибулярних патернів, що потенційно дозволяє визначити кондуктивну та нейросенсорну втрату слуху.

За даними досліджень американських науковців, описано ефективність опитувальника «НООУАН», який був створений для диференційної діагностики між IEBt та IEDCS [35].

Основні пункти:

- 1) H (hard to clear) – важко визначається;
- 2) O (onset of symptoms) – поява симптомів;
- 3) O (otoscopic exam) – отоскопічний огляд;
- 4) Y (your dive profile) – ваш профіль занурення;
- 5) A (additional symptoms) – додаткові симптоми;

6) H (hearing) – слух.

Вищезазначені змінні допомагають у диференційній діагностиці між IEBt і IEDCS. Надзвичайно важливим при цьому є тип занурення (вільне занурення чи підводне плавання), газ, на якому виконується занурення (стиснене повітря чи змішані дихальні гази), профіль занурення (середня глибина 13 м проти 43 м), початок симптомів (під час спуску чи спливання на поверхню) і розподіл кохлеовестибулярних симптомів (вестибулярних проти кохлеарного, ізольованого чи змішані). Всі змінні слід інтерпретувати критично, з обережністю.

Диференційна діагностика важлива для раннього початку лікування з подальшим спостереженням за динамікою симптомокомплексу. НООУАН працює для підтвердження основного діагнозу та пришвидшення початку відповідного лікування.

1.6 Етіологія, патогенез та клінічна картини сенсоневральної приглухуватості

Сенсоневральна приглухуватість (СНП) (нейросенсорна, перцептивна) — форма зниження слуху аж до повної глухоти, що характеризується ураженням звукосприймаючого відділу слухового аналізатора. Ураження може виникнути на будь-якому рівні звукосприймаючого апарату — від рецепторних клітин завитки (Кортієв орган) до центральних структур мозку (Trishchynska, M., & Kononov, O.) [38].

Сенсоневральна приглухуватість за часом виникнення може бути раптовою, гострою, хронічною та прогресуючою. Перцептивна втрата слуху вказує на патологію системи звукосприйняття: завитки, слухового нерва,

порушення центрального сприйняття або обробки слухової інформації на вищих рівнях у центральних відділах слухового аналізатора.

Згідно з чинною в Україні клінічною настановою, гостра та раптова сенсоневральна приглухуватість визначається як загрозливий симптомокомплекс, що часто спонукає до термінового або невідкладного звернення до лікаря. Діагноз встановлюється на основі скарг хворого, анамнезу та аудіометричного критерію: зниження слуху на ≥ 30 децибел (дБ), що впливає принаймні на 3 послідовні частоти [6]. Це твердження визначає раптову сенсоневральну приглухуватість як одну з багатьох причин раптової втрати слуху. Раптова сенсоневральна втрата слуху зачіпає від 5 до 20 осіб на 100 000 населення, приблизно 4000 нових випадків на рік у Сполучених Штатах [6]. На жаль, статистичні дані з приводу захворюваності на дану патологію в Україні відсутні.

На розвиток патології впливають різні фактори, включаючи інфекційні (13%), отологічні (5%), травматичні (4%), судинні та гематологічні (3%), неопластичні (2%) та інші (2%), такі як неврологічні, аутоімунні та токсичні [(Chau та ін., 2010)]. Більшість із цих етіологічних агентів призводить до незворотних пошкоджень волоскових клітин або інших кохлеарних структур. Якщо фактор визначити своєчасно, в деяких випадках можна зберегти слух, призупинивши дію шкідливого чинника.

Для встановлення діагнозу виконують чистотональну порогову тональну аудіометрію, згідно з результатами якої можна виключити патологію середнього вуха та встановити глибину порушення слуху, ступінь приглухуватості. Після встановлення діагнозу пацієнти проходять повторно серію аудіограм, щоб задокументувати контроль лікування, слухової реабілітації, а також виключити втрату слуху на протилежне вухо.

Сенсоневральна приглухуватість є поширеною патологією в аудіологічній та отоларингологічній практиці. В основі розвитку захворювання може лежати

ряд станів та захворювань. Тому крім стандартного аудіологічного огляду необхідно проводити дообстеження з метою диференційної діагностики. Прогноз відновлення слуху за цього ґрунтується на кількох факторах, включаючи тривалість і ступінь глухоти, вік пацієнта та супутні скарги[39].

1.7 Незарощене овальне вікно в дорослих

Відкритий овальний отвір (PFO) — це дефект міжпередсердної перегородки. За даними літератури, його поширеність досягає від 15 до 35% дорослого населення [40, 41]. Розвиток міжпередсердної перегородки – це процес, який починається на четвертому гестаційному тижні і завершується лише після народження. Під час внутрішньоутробного життя овальний отвір у міжпередсердній перегородці забезпечує надходження насиченої киснем плацентарної крові в праве передсердя і далі у системний артеріальний кровотік плода.

Після народження тиск у системному колі кровообігу підвищується, тиск у лівому передсерді вищий, градієнт тиску дозволяє закрити овальний отвір шляхом адгезії *septum primum* і *septum secundum*, утворюючи западину під назвою *fossa ovalis* на поверхні правого передсердя. За даними різних авторів [42], у 15-35% населення дорослого віку овальний отвір зберігається. У більшості випадків PFO протікає абсолютно безсимптомно, однак дана патологія може бути асоційована, бути першопричиною інсульту внаслідок парадоксальної емболізації [43], мігрені з аурою [44, 45], декомпресійної хвороби [41] або гіпоксемічних станів, таких як апное сну центрального генезу, хронічне обструктивне захворювання легень і легенева гіпертензія [46].

Поширеність патології не розрізняється за статтю, проте існують дані, що свідчать про расово-етнічну приналежність різниці в поширеності та розмірі

PFO [47]. Найчастіше незарощене овальне вікно не має клінічного значення – ніяк себе не проявляє, проте за певних зовнішніх умов ситуація змінюється. За даними літератури [48], існує два анатомічні варіанти PFO. Перший – клапан компетентний, ущільнений, *septum primum* – ідеально перекриває м'язовий край PFO та виконує роль клапана овального отвору. У фізіологічних умовах цей клапан запобігає будь-якому шунтуванню крові між передсердями. Клапан може бути аневризматично змінений, за цього він флотує до одного з передсердь під час дихальних рухів. Другий варіант – клапан некомпетентний, оскільки немає адекватного перекриття між клапаном овального отвору і краєм PFO. Цей варіант може бути наслідком ретракції аневризматичного клапана, збільшення розміру передсердя, дефекту м'язового обідка або ж надмірної резорбції *septum primum* чи патології розвитку перегородки. Вважається, що PFO в 75% випадків є ізольованою патологією серця, носить спорадичний характер і лише в окремих випадках носить спадковий сімейний характер.

Серед факторів ризику вродженого PFO називають: вплив пестицидів на плід під час внутрішньоутробного розвитку [49], алкоголю, наркотичних речовин, дитячих інфекційних хвороб у матері, зокрема краснухи, антиретровірусні препарати та діабет матері [47]. Серед генетичних факторів встановлено зв'язок вроджених вад серця з хромосомною анеуплоїдією (синдром Дауна) або внутрішньогенною мутацією (синдром Нунана). Крім того, було виявлено, що PFO пов'язаний з мутаціями в генах, що кодують структурні білки, такі як важкий ланцюг серцевого міозину (MYH6) [50].

Для діагностики незарощеного овального вікна можна застосовувати доплерографію та трансторакальну ехокардіографію з бульбашковим тестом. Останній метод є неінвазивним дослідженням, яке виявляє PFO з 99% специфічністю та 46% чутливістю. На відміну від традиційної, черезстравохідна ехокардіографія виконується після введення розчиненого сольового контрасту (тобто розчину, що здатний утворювати

мікробульбашки) у периферичну вену пацієнта. Наявність PFO можна припустити, якщо мікробульбашки сольового розчину шунтують до лівого передсердя протягом принаймні трьох серцевих циклів, особливо після маневру Вальсальви [51]. Основними обмеженнями такого тесту є його низька чутливість.

У більшості людей PFO залишаються безсимптомним протягом усього життя, проте існує певний ризик криптогенного інсульту, мігрені з аурою або декомпресійної хвороби у дайверів.

Криптогенний інсульт визначається як ішемічний інсульт невстановленого генезу [52]. Люди з PFO мають лише 0,1% ризику першого інсульту без інших супутніх причин, проте PFO діагностується (до 46%) при криптогенному інсульті у молодих людей [53]. Порушення мозкового кровообігу в таких випадках може бути викликане парадоксальною емболією (тобто ембол, який утворився в периферичній вені або в правому передсерді і досяг мозкового кровообігу через PFO) [54]. Поширеність PFO у людей з мігренню досягає 50%, а мігрень з аурою зустрічається частіше у пацієнтів з PFO, ніж у загальній популяції [52]. В літературі описано випадки розвитку декомпресії внутрішнього вуха, що асоційована з наявністю у пацієнта незарощеного овального вікна, проте даний клінічний стан потребує подальших досліджень.

Розділ 2. Матеріали та методи дослідження

2.1. Загальна характеристика обстежених хворих

У роботі було вивчено поширеність та характер порушень слуху серед 62 обстежених сертифікованих дайверів. Обстеження було проведено на базі кафедри оториноларингології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. Ми аналізували: вік, стать, рівень сертифікованості, стаж занурень, максимальну глибину занурень, загальну кількість занурень та наявність право-лівого шунтування у серці в анамнезі.

Під час проведеної роботи було обстежено 62 сертифікованих дайверів віком від 18 до 55 років. Пацієнти старшого віку виключались із дослідження з огляду на вікові фізіологічні особливості слухового аналізатора, у зв'язку з чим певні аудіологічні методики мають свої обмеження у використанні. Професійна кваліфікація дайвера підтверджувалась наявністю сертифіката, виданого однією з професійних асоціацій, таких як PADI (Professional Association of Diving Instructors), SSI (Scuba Schools International) та CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques). Важливі параметри занурення, такі як максимальна глибина занурень, стаж та загальна кількість занурень встановлювалась анамнестично, зі слів обстежуваних. Досліджувана популяція була розподілена за стажем дайвінгу на дві групи: 1-ша група має досвід занурень від 5 років, 2-га група – до 5 років. Обстежувані з невеликим досвідом (до 5 років) становили 35 осіб (56,45%), а 1-ша група, дайвери з досвідом більше 5 років, налічували 27 осіб (43,55%) – малюнок 2.1.1



Рисунок 2.1.1. Розподіл обстежуваних за досвідом занурень

Серед обстежуваної популяції: жінок – 20 осіб, чоловіків – 42. Аналіз розподілу обстежуваної вибірки за статтю наведений у таблиці 2.1.1.

Таблиця 2.1.1. Розподіл обстежуваних осіб за статтю

1-ша група		2-га група	
Чоловіки	Жінки	Чоловіки	Жінки
n=19	n=8	n=23	n=12

Аналіз розподілу обстежуваних осіб за статтю виявив, що при порівнянні груп за статтю за допомогою тесту Хі-квадрат немає статистично достовірної різниці між двома досліджуваними групами. Отже можна говорити про те, що групи однорідні за статтю ($p > 0,05$). При порівнянні не встановлено статистично достовірної різниці між групами за віком.

Щодо анамнестичних характеристик стажу занурення, то в 1-й групі стаж склав $10,86 \pm 11,3$ 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 $969,82 \pm 1005,42$ та $79,9 \pm 40,85$ м відповідно (таблиця 2.1.2.).

Таблиця 2.1.2. Показники даних анамнезу серед обстежуваних осіб 1-ї групи

	Вік	стаж (роки)	МАХ глибина занурення фактична	загальна кількість занурень
Медіана	41	9	60	500
Стандартне відхилення	10,52909	11,36704	40,85388	1005,421
Середнє	31,95652	10,86957	79,30435	969,8261
Мода	35	2	60	3000
Q25	35	3,5	52,5	326,5
Q75	48,5	12	98,5	1000

Серед осіб 2-ї групи середній вік обстежуваних був $38,3 \pm 7,3$ роки, стаж занурення становив $3,8 \pm 2,59$ роки. Максимальна глибина занурення в середньому становила $52,44 \pm 12,03$ м, а середнє значення загальної кількості занурень у 2-й групі становило $167,5 \pm 196,96$. Дані представлені у таблиці 2.1.3.

Таблиця 2.1.3. Показники даних анамнезу серед обстежуваних осіб 2-ї групи

	Вік	стаж (роки)	МАХ глибина занурення фактична	загальна кількість занурень
Медіана	38,5	3	49,5	100
Стандартне відхилення	7,304869	2,594714	12,03672	196,9681

Середнє	38,30556	3,805556	52,44444	167,5
Мода	40	2	70	100
Мінімум	24	1	30	30
Максимум	58	12	71	1000
Q25	32,75	2	43	57,5
Q75	41,5	5,25	66,25	200

Ураховуючи 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 груп за вищезазначеними пунктами наведені у таблиці 2.1.4.

Таблиця 2.1.4. Дані порівняльної характеристики 1-ї та 2 –ї груп за основними параметрами занурення

Дані	Mann-Whitney p-value
Вік	0,159024
стаж (роки)	0,000542
МАХ глибина занурення фактична	0,007588
загальна кількість занурень	0,000007

До контрольної групи увійшло 20 здорових добровольців. Розподіл пацієнтів основної та контрольної груп за статтю немає статистично достовірної різниці, отже групи були однорідні за даним критерієм. Аналіз

було виконано за допомогою тесту Хі-квадрат. В таблиці 1 наведено розподіл пацієнтів за статтю:

Таблиця 2.1.5. Розподіл пацієнтів за статтю

Основна група		Контрольна група	
Чоловіки	Жінки	Чоловіки	Жінки
n=40	n=19	n=12	n=8

2.2. Суб'єктивні методи дослідження слуху

Функцію слухового аналізатора було обстежено комплексом суб'єктивних методів дослідження слуху, до якого належать акуметрія, камертональні проби (дослід Вебера, Федеріче, Бінга), порогова тональна аудіометрія, мовна аудіометрія.

Методологія проведення акуметрії: дослідження проводиться у тихому приміщенні, пацієнт перебуває при цьому спиною до лікаря на відстані близько 6 метрів. Кожне вухо досліджується роздільно. Недосліджуване вухо обтурується для уникнення переслуховування. Лікар вимовляє слова або цифри шепотом, а пацієнт повторює почуте слово. Якщо пацієнт не розрізняє сказаного слова, то відстань поступово зменшується, щоб визначити, на якій дистанції пацієнт починає розрізняти сказаний звук. Нормою розбірливості шепітної мови вважається відстань у 6 метрів. Аналогічно проводиться дослідження розмовною мовою, проте слова лікар вимовляє звичайним голосом. Розбірливість розмовної мови вважається нормальною, якщо вона визначається за більш ніж 6 метрів.

Якщо пацієнт погано чує шепітну мову, але добре сприймає розмовну, можна запідозрити у нього легкий ступінь приглухуватості, а якщо порушено сприйняття навіть розмовної мови, можна запідозрити виражений дефіцит

слуху. Дані тести мають надзвичайно низьку диференціальну цінність, тому вони не можуть бути використані як самостійні методи дослідження слуху.

Дослід Вебера виконується за допомогою камертону (зазвичай 512 Гц). Він ударяється об тверду поверхню (наприклад, долоню) і прикладається до центру лоба або тім'я обстежуваного. Пацієнта просять визначити, де він чує звук: якщо у центрі голови, це говорить про нормальний стан слухової системи або двостороннє порушення однакової інтенсивності. Якщо звук відчувається більше у вусі, яке чує гірше, – це говорить про кондуктивну приглухуватість; якщо звук латералізується у вухо, яке чує краще, – це говорить про сенсоневральне порушення.

Дослід Федеріче проводиться за допомогою камертону, наприклад 512 Гц. Активний камертон приставляється до соскоподібного відростка та на козелок того ж вуха. Лікар використовує камертон з частотою 512 Гц або 1024 Гц. За нормального слуху звук сприймається голосніше та довше при прикладанні камертона до козелка, ніж до соскоподібного відростка. Якщо ж звук сприймається однаково або навіть голосніше при прикладанні до соскоподібного відростка, – це свідчить про порушення у звукопровідному апараті.

Дослід Бінга виконується постановкою ніжки активного камертону (512 Гц) на соскоподібний відросток. Лікар по чергово відкриває та закриває слуховий прохід пальцем. Якщо звук стає гучнішим при закритому слуховому проході, – дослід позитивний, це говорить про нормальний слух чи сенсоневральну приглухуватість. У випадку, якщо звук не змінюється, у досліджуваного можна запідозрити кондуктивну приглухуватість.

Ці дослідження є простими у виконанні та використовуються щоденно у рутинній практиці, однак не можуть бути використані самостійно для постановки діагнозу. Для точнішої оцінки кондуктивної та перцептивної чутливості необхідно виконати тональну порогову аудіометрію. Акуметрія та

камертональні проби виконувались з метою диференційної діагностики патології середнього та внутрішнього вуха. Результати даних тестів не було використано у подальшому дослідженні[55].

2.2.1. Порогова тональна аудіометрія

Дослідження проводилось у звукоізолюючій камері при рівні навколишнього шуму не більше 35 дБ [56]. Для проведення аудіометричного обстеження використовувався аудіометр Inventis Viola (Італія). Калібрування повітряних телефонів виконували за допомогою «штучного вуха», кісткові телефони калібрували на «штучному мастоїді».

Пороги сприйняття кісткової та повітряної провідності визначались у діапазоні 0,25-8кГц. Стимулом є чистий тон. Перемикання інтенсивності стимулів виконується з кроком у 5 дБ від 0 до 110 дБ.

Повітряна провідність досліджується перша. Починати завжди потрібно з вуха, яке чує краще. Якщо піддослідний не може встановити, яке вухо чує краще, дослідження починають з правого вуха. Роботу розпочинають з чистого тону на частоті 1 кГц., починаючи з інтенсивності, що легко визначається обстежуваним, поступово знижуючи рівень інтенсивності, кроком в 10 дБ до зникнення його сприйняття. Потім, піднімаючи інтенсивність по 5 дБ кроком до виникнення слухового відчуття. Значення порогу фіксується на бланк у вигляді аудіограми.

Кісткове проведення відображає прямо перцептивну чутливість, а також у сукупності з повітряним проведення дає уявлення про кондуктивний компонент зниження слуху за рахунок кістково-повітряного інтервалу. При дослідженні кісткового проведення використовується кістковий телефон, що встановлюється на соскоподібному відростку досліджуваного вуха. Методика дослідження дублює дослідження повітряного проведення. У нормі пороги повітряного і кісткового проведення співпадають і перебувають у межах 5-10 дБ.

2.2.2. Методика проведення мовної аудіометрії

Дослідження розбірливості слуху проводилось за допомогою мовної аудіометрії. Для виконання цього методу використовувався тимпанометр/аудіометр Inventis Viola (Італія). На відміну від тональної порогової аудіометрії, при мовній аудіометрії використовуються складні звукові стимули з неперервно змінними акустичними параметрами. При оцінці даного методу використовувався його основний параметр – поріг розбірливості мови. Він визначається як найменша інтенсивність мови, при якій вона може бути ідентифікована. Поріг 50% розбірливості мови досягається при інтенсивності 25-30 дБ над порогом чутливості. Поріг 100% розбірливості мови досягається при інтенсивності 45-50 дБ над порогом чутливості[57].

Поріг розбірливості визначається при подаванні пацієнту набору слів і реєстрації його відповіді у вигляді відсотка правильних відповідей. Для мовної аудіометрії використовується запис живого голосу набору збалансованих фонетично слів, що передається через головний телефон. Інтенсивність запису регулюється за допомогою аудіометра.

2.3. Об'єктивні методи дослідження слуху

Для повного аудіологічного обстеження були використані деякі об'єктивні методи дослідження слуху. Вони мають свої переваги перед суб'єктивними, адже їх результати не будуть залежати від суб'єктивного сприйняття пацієнта. Вони мають вищу точність та достовірність у порівнянні, наприклад, із аудіометрією. Ці методи часто використовуються для раннього виявлення порушень слуху, оскільки вони дозволяють виявити навіть незначні відхилення слухового апарату.

2.3.1. Методика акустичної імпедансометрії

Метод акустичної імпедансометрії був використаний для диференційної діагностики патології середнього вуха. Дослідження включало в себе тимпанометрію та акустичну рефлексометрію.

Тимпанометрія реєструє значення акустичного супротиву (жорсткості). Виконується це за рахунок подачі тиску повітря у зовнішній слуховий прохід (від +200 до -400 мм водн.ст.). Відповідь реєструється автоматично та зображується у вигляді тимпанограми за класифікацією Jerger (1970 р.)[58]. Об'єм слухового проходу не впливає на амплітуду тимпанограми.

За відсутності патології середнього вуха тимпанограма типу «А» (за Jerger) максимальна податливість барабанної перетинки реєструється при створенні в зовнішньому слуховому проході тиску, що приймається за «0». При цьому тиск у барабанній порожнині відповідає атмосферному.

При наявності патологічного вмісту в барабанній порожнині податливість барабанної перетинки при зміні тиску у зовнішньому слуховому проході не змінюється, відповідно графік тимпанограми зображується як пряма чи злегка опукла лінія без чіткого піку – тип «В».

При порушенні прохідності слухової труби у середньому вусі створюється негативний тиск. Оскільки максимальна податливість барабанної перетинки досягається при вирівнюванні поданого тиску з тиском у барабанній порожнині, графік зберігає правильну конфігурацію, проте зміщений на полі у бік негативного тиску. Така тимпанограма класифікується як тип «С».

Оскільки тимпанограма типу «А» може реєструватись як при нормальному слухові, при сенсоневральній приглухуватості, так і при отосклерозі, для більш чіткого розуміння стану слухової системи та підвищення інформативності методики виконується також реєстрація акустичного рефлексу.

Акустична рефлекометрія базується на реєстрації жорсткості звукопровідної системи, що забезпечується при скороченні стремінцевого м'язу. Стимулами для виклику акустичного рефлексу є тональні сигнали в 80-90 дБ порогу чутливості, що перевищують своєю інтенсивністю порогові. Стимуляція одного вуха супроводжується скороченням м'язів з обох сторін, що реєструється як іпсі- та контрлатеральний акустичний рефлекс.

Акустична імпедансометрія дозволила нам провести диференційну діагностику патології середнього вуха та виключити пацієнтів, що не підпадали під критерії включення/не включення в дослідження. Результати методу не були використані у подальших дослідженнях.

2.3.2. Реєстрація отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення

Для об'єктивізації дослідження було використано такий метод дослідження, як отоакустична емісія на частоті продуктів спотворення за допомогою програмного забезпечення «НейроАудіо» та обладнання «Нейроаудіо». Суть методу полягає в реєстрації акустичної відповіді, слабких звукових коливань, що генеруються завиткою, а саме зовнішніми волосковими клітинами. Викликана отоакустична емісія (ОАЕ) реєструється у відповідь на звукову стимуляцію. При цьому досліджується звуковий тиск. Відповідь реєструється за допомогою вузькополосної фільтрації.

ОАЕ на частоті продуктів спотворення (ОАЕ ПС) визначається як відповідь, що генерується у відповідь на одночасне представлення двох тональних стимулів. Ця відповідь виникає як «спотворена», тому що не відповідає частотам стимулу.

В якості звукової стимуляції пред'являлись акустичні подразники тривалістю 100 мкс інтенсивністю 70 дБ. Частота стимуляції становила 21 мл/с. Кількість усереднених результатів – 1500, час аналізу – 12 мс при смузі пропускання фільтрів 0,5-2,0 кГц[59].

Результати обстеження автоматизовано обробляються у вигляді графіка DP-Gram програмним забезпеченням «Нейрософт». На графіку зображується залежність інтенсивності ОАЕ від частоти стимуляції, а також шум на кожній частоті. Сигнал/шум – основний показник, на який ми можемо орієнтуватись при обробці результатів методу. Зазвичай нормальним вважається сигнал/шум ≥ 6 дБ на більшості частот – це свідчить про нормальне функціонування зовнішніх волоскових клітин Кортієвого органу, оптимальним вважаються показники – 10-15 дБ і більше. Якщо сигнал/шум < 6 дБ або ОАЕ не реєструється, це може свідчити про сенсоневральну приглухуватість або дисфункцію зовнішніх волоскових клітин.

Метод реєстрації отоакустичної емісії є надзвичайно чутливим, тому він може не визначатись, якщо приміщення, в якому проводиться дослідження, надзвичайно шумне або пацієнт рухається. Емісія не визначається при патології середнього вуха, а також метод має вікові обмеження – до 55 років.

Загалом метод отоакустичної емісії має свої переваги, такі як об'єктивність, висока чутливість до ранніх порушень та швидкість проведення. ОАЕ виявляє навіть незначні дисфункції зовнішніх волоскових клітин ще до того, як з'являться клінічні симптоми приглухуватості. Швидкість проведення – тест триває всього 2-5 хвилин.

2.4. Методика проведення ехокардіографії

Дослідження проводили на ультразвуковому апараті SAMSUNG MEDISON HS60 з використанням механічного датчика 3,5 МГц. Методика відповідала рекомендаціям Американського товариства з ехокардіографії (ASE)[60]. Обстеження відбувалось у спокійному стані в положенні на спині або на лівому боці. Візуалізація міжпередсердної перетинки (МПП) виконувалась у парастернальній та апікальній позиції для оцінки анатомії

МПП. Досліджували наявність дефектів у структурі перетинки в ділянці овального отвору. Для виявлення спонтанного шунтування крові між передсердями використовували додаткового колірний доплер. Для провокації збільшення шунтування через незарощене овальне вікно використовувалась проба Вальсальви: пацієнт глибоко вдихає та сильно напружується, ніби намагається видихнути при закритих голосових зв'язках. Це викликає підвищення внутрішньогрудного тиску. Високий тиск у грудній порожнині викликає зниження серцевого викиду та зменшення діастолічного наповнення шлуночків. Після цього пацієнт відновлює нормальне дихання, що викликає раптовий венозний приплив до серця та тимчасове підвищення серцевого викиду. Проба Вальсальви сприяє тимчасовому підвищенню тиску в правому передсерді, що провокує перехід мікропухирців з правого передсердя в ліве.

2.5. Статичні методи обробки даних

У дисертаційній роботі були використані методи описової та аналітичної статистики для статистичного аналізу отриманих матеріалів. Для статистичної обробки даних були використані різні методи математико-статистичного аналізу: перевірка нормальності розподілу кількісних показників за допомогою критерія Шапіро-Уїлка. Залежно від типу розподілу кількісних ознак застосовувались параметричні або непараметричні методи статистики. Результати описової статистики при нормальному типі розподілу кількісних ознак включали середню арифметичну (M) та стандартне відхилення (SD); при розподілі даних відмінному від нормального – медіану та інтерквартильний розмах – Me (25 %; 75 %), де Me – медіана; 25% Q – нижній квартиль; 75% Q – верхній кварти.

Оцінку достовірності даних із нормальним розподілом визначали за допомогою t -критерію Стюдента, а з ненормальним розподілом – за критерієм Манна-Уїтні (U); різницю між порівнюваними величинами вважали статистично значущою при $p < 0,05$. Критерій Хі-квадрат (χ^2) використовувався для аналізу категоріальних даних. Для визначення коефіцієнту кореляції

використаний тест Спірмана. Тест PERMANOVA був застосований для всіх частот одночасно на кожному вусі окремо, завдяки чому групи водночас були порівняні на всіх указаних частотах.

Статистична обробка отриманих даних проводилась з використанням програм Microsoft Excel та R version 4.3.3. (<https://www.r-project.org/>).

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ СЛУХОВОЇ СИСТЕМИ В ОСІБ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНОГО ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ

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 аквалангу 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 на 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 [61, 62]. Зі збільшенням тиску газу в легенях, порожнинах тіла (таких як середнє вухо та приносіві синуси) стискаються, а при підйомі – збільшуються до попереднього об'єму, що при неправильно вибраному профілі занурення небезпечно утворенням вільних газів у тканинах та розвитком декомпресійної хвороби. Це явище підкорюється закону Бойля-Маріотта [63], 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% [64, 65].

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

За регламентом дослідження нами була проведена порогова тональна аудіометрія всім досліджуваним особам. Результати групи 1 наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Дані показників порогів звукосприйняття за тональною аудіометрією пацієнтів 1-ї групи

Частота (kHz)	1-ша група					
	Праве вухо КП, dB			Ліве вухо КП, dB		
	Median	Min	max	median	Min	max
0,25	10	5	20	10	5	30
0,5	10	5	10	10	5	35
0,75	10	5	55	10	5	30
1	10	5	55	10	5	25
1,5	10	5	15	10	5	25
2	10	5	30	10	5	50
3	10	10	30	10	5	50
4	10	5	40	10	5	70
6	10	5	60	10	5	80
8	10	5	90	10	5	90

За даними порогової тональної аудіометрії, у 1-й групі обстежуваних осіб виявлено підвищення порогів звукосприйняття, медіана на всій тон шкалі була 10 дБ, проте мінімальні та максимальні значення значно варіювали. У таблиці 3.2 наведені дані порогової тональної аудіометрії для групи 2.

Таблиця 3.2. Дані показників порогів звукосприйняття за тональною аудіометрією пацієнтів 2-ї групи.

Частота (kHz)	2-га група					
	Праве вухо КП, dB			Ліве вухо КП, dB		
	medi an	Min	Max	medi an	Min	Max
0,25	7,5	5	10	5	5	10
0,5	5	5	10	5	5	10
0,75	5	5	10	5	5	5
1	5	5	5	5	5	5
1,5	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5
6	5	5	10	5	5	10
8	10	5	15	5	5	10

Згідно з отриманими даними, обстежені особи 2-ї групи мали медіану порогів на всій тон шкалі за виключенням 0,125 та 8 кГц в 5дБ. При цьому мінімальні та максимальні значення мали незначні відхилення.

Результати порогової тональної аудіометрії у 1-ї та 2-ї груп були порівняні за допомогою тесту Mann-Whitney, результати якого наведені у таблиці 3.3.

Частота (kHz)	Mann-Whitney		p-value	
	R	L	R	L
0,25	540	654	<0,05	<0,001

0,5	66 9	693	<0,001	<0,001
0,75	70 8	738	<0,001	<0,001
1	7 5 6	7 5 6	<0,001	<0,001
1,5	7 2 0	7 7 4	<0,001	<0,001
2	75 6	774	<0,001	<0,001
3	72 0	774	<0,001	<0,001
4	75 6	774	<0,001	<0,001
6	69 9	744	<0,001	<0,001
8	45 3	744	=0,46	<0,001

Отже, згідно з даними 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 височастотному діапазонах від 30 до 90 дБ правого та/або лівого вуха з формуванням низхідного графіка аудіометричної кривої, що відповідало проявам сенсоневральної приглухуватості 1-3 ступеня. Більше того, у таких пацієнтів ліве вухо мало дещо вищі пороги звукосприйняття, тобто ураження було більш вираженим. На рисунку 3.1. зображений розподіл даних кісткового проведення на обидва вуха в обстежуваних 1-ї та 2-ї груп включно з мінімальними та максимальними значеннями.

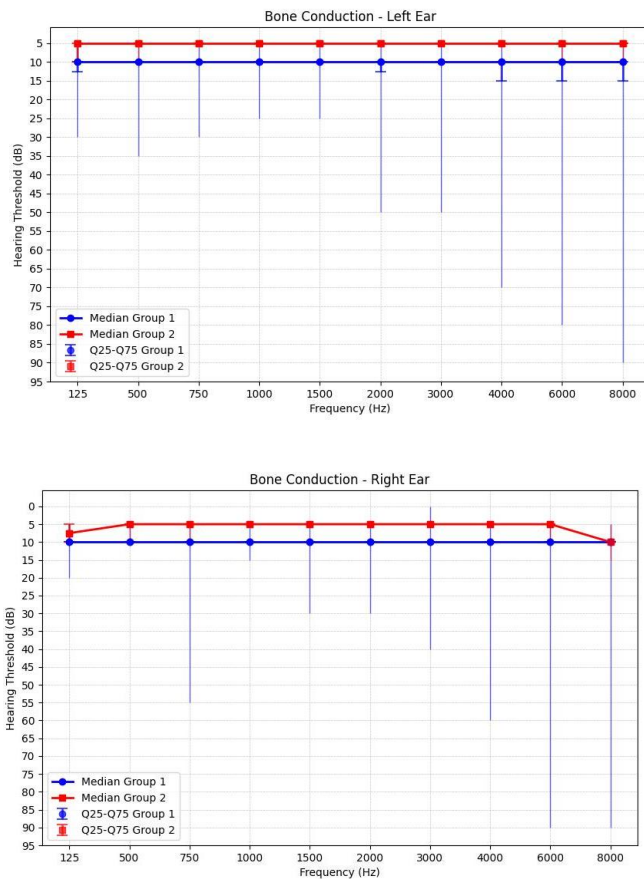


Рисунок 3.1. Розподіл значень кісткового проведення у пацієнтів 1-ї та 2-ї груп на праве та ліве вухо.

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 рисунку 3.2.

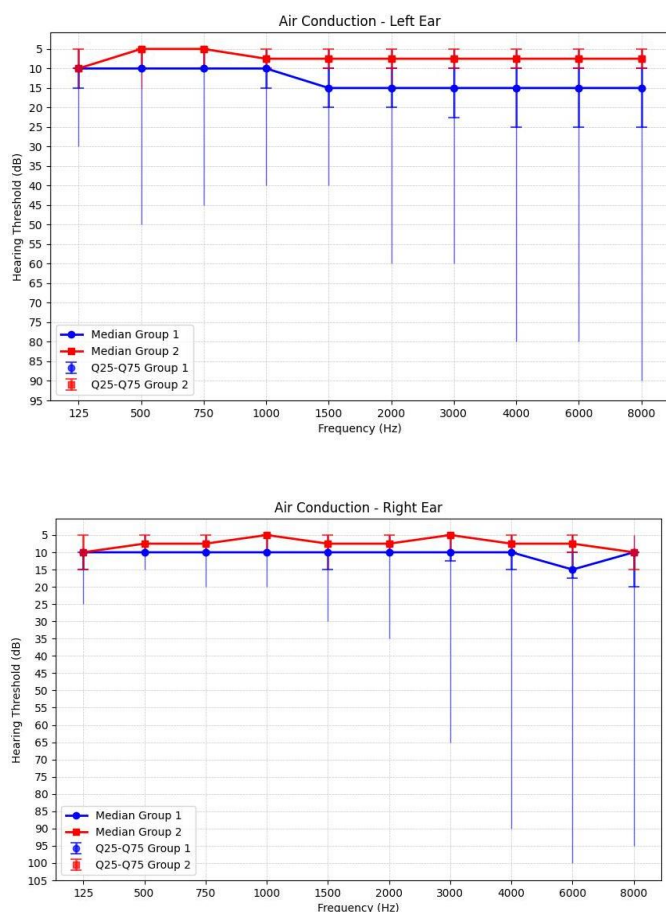


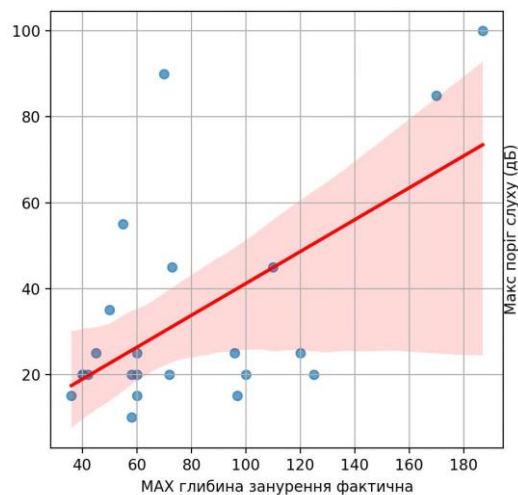
Рисунок 3.2. Розподіл значень повітряного проведення у пацієнтів 1-ї та 2-ї груп на праве та ліве вухо.

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.

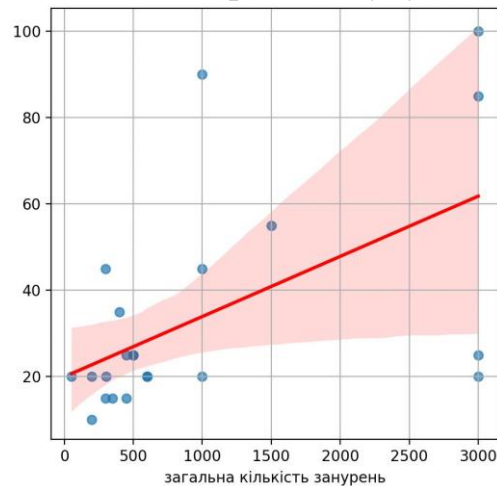
Зіставлення результатів кісткової та повітряної провідності вказує на наявність незначного кістково-повітряного інтервалу, що характерно для нормального функціонування слухової системи. Зниження порогів на високих

частотах у групі 1 (повітряна провідність) може бути раннім проявом впливу зовнішніх факторів на перцептивну систему слухового апарату обстежуваних.

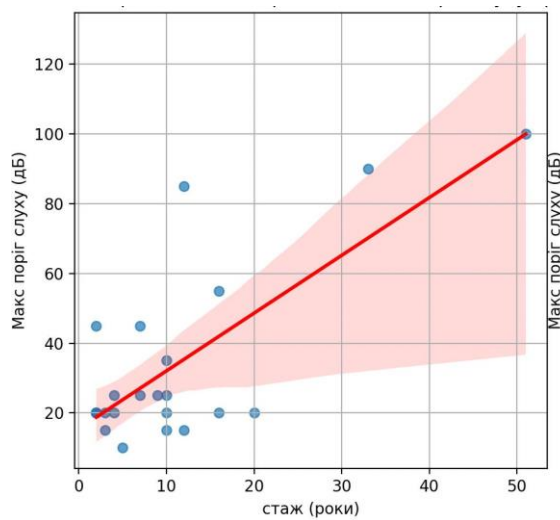
На діаграмах (рис. 3.3) представлено кореляційний аналіз між різними характеристиками анамнестичних даних та максимальним порогом слуху (дБ). Лінія регресії (червоним) і відповідний довірчий інтервал (виділена область) демонструють напрямок та силу зв'язку між змінними.



a – 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 стажом занурень та максимальним порогом слуху (дБ);

Рисунок 3.3 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 стажом занурень та максимальним порогом слуху (дБ);

На рис. 3.3, *а* зображено кореляційний зв’язок між загальною кількістю занурень та даними порогів перцептивної чутливості в досліджуваних осіб в дБ. Діаграма вказує на позитивний кореляційний зв’язок: зі збільшенням кількості занурень підвищуються пороги кісткового проведення.

Рис. 3.3, *б* відображає взаємозв’язок між максимальною глибиною занурення та даними порогів перцептивної чутливості в досліджуваних осіб у дБ. Загальна тенденція вказує на позитивний кореляційний зв’язок між вищевказаними показниками.

На рис. 3.3, *в* зображено кореляційний зв’язок між стажом дайвінгу в роках та даними порогів перцептивної чутливості в досліджуваних осіб у дБ. Зі збільшенням досвіду занурення пороги слуху також підвищуються, 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 є стажозалежними показниками.

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

У дослідженні Хізел 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 показників, 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 залежно від збільшення вищевказаних показників [11]. Інша група авторів на чолі з Огакі [1] досліджували групу дайверів з 300 осіб та встановили, що понад 70% з них 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 брало 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 [66].

Нами було досліджено пороги тональної адіометрії у дайверів та встановлено, що значення порогів слуху змінюється залежно 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 приглуховатості 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 порогоми слуху, кількістю, стажем та глибиною занурень, що фактично є стажозалежними показниками.

Враховуючи аналіз літератури за тематикою, можна зробити висновок, що отоакустична емісія на частоті продуктів спотворення є перспективним методом для подальших досліджень.

Висновки

1. Проведено дослідження функції периферичного відділу слухового аналізатора у дайверів суб'єктивними методами обстеження слуху. 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 порівнянні з 2-ю групою ($p < 0,05$), що визначено за допомогою тесту Mann-Whitney U.

2. Встановлено стійку позитивну кореляцію між анамнестичними даними (кількість занурень, максимальна глибина занурень та стаж) і підвищенням порогів кісткового проведення. Це свідчить про те, що тривалий вплив гідростатичного тиску та інших факторів при зануренні (наприклад, зміни тиску, акустичні ефекти, можливий баротравматичний вплив) можуть призводити до прогресивного погіршення слуху. Найсильніший кореляційний ефект спостерігається між стажем занурення та порогамі перцептивної чутливості, що свідчить про накопичувальний характер змін у слуховій системі.

3. 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[67].

Матеріали розділу представлені в:

1. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Дослідження стану слухової системи у осіб, що зазнали впливу підвищеного гідростатичного тиску. *ScienceRice: Medical Science* 2024. 4(61) 29-35 <https://doi.org/10.15587/2519-4798.2024.323704>

РОЗДІЛ 4. АПРОБАЦІЯ МОВНОГО ТЕСТУ ОДНОСКЛАДОВИХ СЛІВ УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ В ОТОРИНОЛАРИНГОЛОГІЧНІЙ ТА СУРДОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

На сьогодні в Україні загальноприйнятим є використанням лікарями-сурдологами та отоларингологами переважно багатоскладових мовних тестів для мовної аудіометрії. Основні засади розвитку тестів для мовної аудіометрії українською мовою були покладені ще у 1984 році Базаровим В.Г. та співавторами. Згодом, було у 2002 році було створено вітчизняні україномовні тести за авторством Римар Н.В., модифікації яких використовуються і нині[68]. Однак тема мовних тестів стрімко продовжувала розвиватись. Групою авторів було сформовані перші в Україні таблиці слів рідною мовою для проведення аудіометрії у дітей (починаючи з дошкільного віку)[69]. Незважаючи на ґрунтовно проведені дослідження в цій галузі, тема мовної аудіометрії досі лишається актуальною. Наразі, для глибокої та всебічної оцінки стану функції слухового аналізатора дослідниками може використовуватись ряд мовних тестів, в тому числі багатоскладові, односкладові та тести сприйняття мовлення в шумі (SPIN) і QuickSIN та інші, переважна більшість яких доступна українською мовою.

У світовій практиці в діагностиці порушень слуху мовними тестами загальноприйнято використовувати саме односкладові слова. Вони дозволяють більш точно визначити ступінь та характер порушень слуху, оскільки мінімізують можливість відгадування слів та зменшують вплив контекстуальних підказок. Дослідження показують, що односкладові мовні тести можуть бути більш надійними для визначення типу та тяжкості розладу слуху [70, 71].

Враховуючи вітчизняний досвід, варто зазначити, що односкладові і багатоскладові тести для виконання мовної аудіометрії є взаємодоповнюючими та можуть виконуватись одному пацієнту послідовно.

Тому, кожен з цих тестів має свої показання і межі діагностичних можливостей, що обумовлює вибір того чи іншого тесту. Що в свою чергу дає змогу лікарям покращують точність діагностики та допомагає застосовувати методи прецизійної медицини в лікуванні кожного окремого пацієнта [72].

Крім того, впровадження нових методик тестування слухової функції сприятиме розвитку наукових досліджень у галузі оториноларингології та сурдології в Україні. Це відкриє нові можливості для проведення вітчизняних чи міжнародних клінічних досліджень та водночас сприятиме підвищенню кваліфікації медичних працівників.

У багатьох країнах світу, таких як Сполучені Штати Америки, Канада, Великобританія тощо, односкладові тести успішно використовуються протягом багатьох років і зарекомендували себе як ефективний інструмент діагностики порушень слуху [73]. Імплементация багаторічного світового досвіду в практику лікарів-отоларингологів та сурдологів України може принести значні переваги для національної системи охорони здоров'я.

Таким чином, розробка, апробація та імплементация мовного тесту односкладових слів є надзвичайно актуальними завданнями для сучасної оториноларингології в Україні. Впровадження вищезгаданих тестів сприятиме покращенню якості діагностики та лікування порушень слуху, забезпечить відповідність міжнародним стандартам, покращить точність діагностики порушень слухової функції та стимулюватиме розвиток наукових досліджень у галузі оториноларингології.

Для досягнення цієї мети попередньо розроблений мовний тест [74] для оптимізації робочого часу аудіометричного кабінету було змінено: рандомізовано за допомогою самостійно створеного рандомізатора в програмному забезпеченні PyCharm (використана бібліотека “random” та встановлено модуль “python-docx” для можливості читання та редагування документів Microsoft Word) та зібрано в 6 груп по 40 слів, оскільки попередньо створені списки слів були співставимі по складності. До розробки тесту були

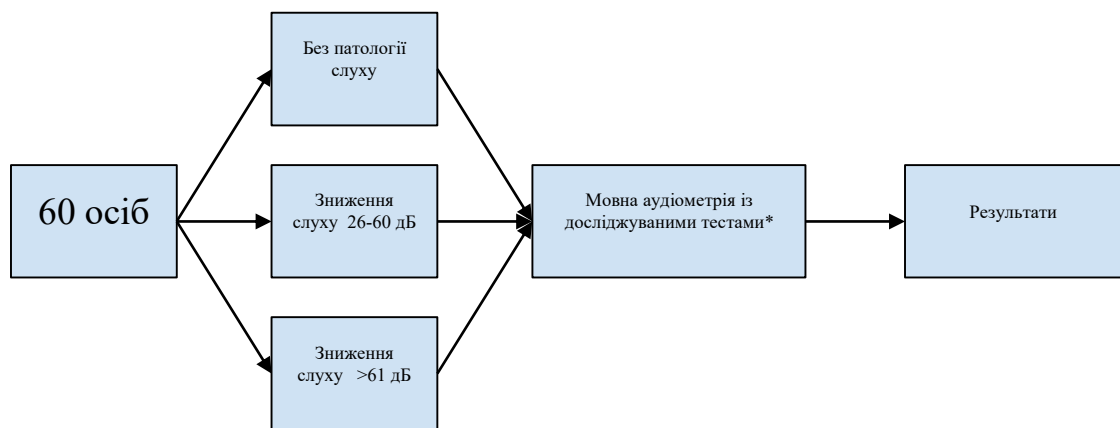
залучені фахівців-спеціалісти: лікарі, лінгвісти, мовознавці. Тест містив 20% «складних» слів, в яких зустрічались глухі приголосні – **х, п, т** та сонорні приголосні – **м, н**. Кожна група такого тесту налічувала всього 10 слів, що створювало необов'язкові технічні паузи, для перемикання між групами. З метою оптимізації даного процесу нами була проведена рандомізація груп з урахуванням складності слів (зі збереженням відносної кількості «складних слів»). З фінальним розподілом слів за групами можна ознайомитись у Додатку 1.

Згідно із загальноприйнятими правилами, для запису слів нами був залучений диктор баритональної теситури голосу, який читав кожену групу слів у професійній студії звукозапису. Після кожного слова була зроблена пауза. На етапі звукомонтажу запис був нормалізований та вирівняний за гучністю. Записані файли були збережені в трьох форматах (*wav, *flac, *mp3) для подальшої роботи.

Списки слів у форматі *wav були записані на внутрішню пам'ять імпедансного аудіометра Inventis Viola через програмне забезпечення Inventis Audio Tracks Indexing Tool 1.2.0.0, де для кожної групи слів були вписані анотації, що дозволяло в режимі реального часу виводити на екран аудіометра слово, яке чує досліджуваний. Зазначимо, що аудіометр, який було використано в дослідженні, був калібрований та повірений (свідоцтво про перевірку №22-10/31131). У такий же спосіб на внутрішню пам'ять апарату було записано групи числівників та групи слів Римар.

Після цього до самого дослідження були залучені пацієнти із порушенням слуху та здорові добровольці. Всього в дослідженні взяло участь 60 осіб (жоден пацієнт із дослідження не вибув). Дизайн дослідження передбачав типові аудіологічне дослідження кожного пацієнта в умовах сертифікованої звукоізоляційної кабінки, яке включало акуметрію, камертональні тести (дослід Вебера, дослід Бінга, дослід Федеріче), порогову тональну аудіометрію, мовну аудіометрію та за необхідністю тимпанометрію.

Типово для мовної аудіометрії використовувались одна група числівників (для визначення розбірливості 50%) та одна група слів Римар (для визначення 100% розбірливості), після чого мовна аудіометрія проводилась із використанням односкладових слів (по 2 групи на одне вухо; визначались показники 50% та 100% розбірливості). Схематично дизайн дослідження зображений на рисунку 4.1.



* попередньо в усіх випадках проводилась порогова тональна аудіометрія, за необхідністю тимпанометрія та інші регламентовані дослідження. Для проведення мовної аудіометрії використовувались списки слів Римар та списки односкладових слів.

Рисунок 4.1. Дизайн дослідження.

Кожен учасник дослідження підписував добровільну згоду на участь в дослідженні. Дані пацієнтів були анонімізовані. Критерії включення в дослідження були наступні:

1. Добровільна згода на участь у дослідженні.
2. Наявність нормального слуху або порушення слуху кондуктивного, сенсоневрального або змішаного типу.

До критеріїв невиключення в дослідження належали такі:

1. Відмова від участі в дослідженні.
2. Відсутність можливості вербально повторювати почуті слова при дослідженні або фізична неможливість проведення тональної порогової аудіометрії.

3. Грубі психічні розлади.

До критеріїв виключення (виведення з дослідження) належали:

1. Відсутність даних акуметрії, камертональних проб, даних порогової тональної аудіометрії та тимпанометрії (при кондуктивних чи змішаних типах порушень слуху).
2. Відмова від участі в дослідженні на будь-якому етапі дослідження.

Особи, залучені до дослідження, були поділені на 3 групи: група А - 20 осіб з нормальним слухом за даними тональної порогової аудіометрії; група Б - 20 осіб з одно- або двобічним підвищенням порогів звукопроведення або звукосприйняття на 3-х послідовних частотах в межах 26-60 дБ; група В - 20 осіб з одно- або двобічним підвищенням порогів звукопроведення або звукосприйняття на 3-х послідовних частотах більше 61 дБ.

У межах кожної групи проводилось порівняння результатів мовних тестів - класичного вітчизняного та тесту односкладових слів.

Для статистичних розрахунків та формування бази даних використовувалось програмне забезпечення Microsoft Office 365 Excel. У подальшому створена база даних опрацьовувалась у програмному забезпеченні R версії 4.4.1. Рівномірність розподілу даних була визначена з допомогою тесту Шапіро-Вілکا (Shapiro-Wilk Test Statistics: 0.889, p-value: 0.00001, тобто дані були розподілені нерівномірно). Далі нерівномірно розподілені кількісні дані оцінені за допомогою непараметричного однорангового тесту Вілкоксона, також був визначений коефіцієнт кореляції Пірсона. Значення $p < 0,05$ вважалося статистично значущим.

Робота була проведена відповідно до Кодексу етики Всесвітньої медичної асоціації (Декларація Гельсінкі), стандартів GCP (всі дослідники мають релевантні сертифікати GCP ДЕЦ МОЗ України) в межах державної

НДР “Дослідження поліморфізму генів при сенсоневральних порушеннях слуху”, № держреєстрації 0124U000820.

При дослідженні групи осіб із нормальним слухом (група А, n=20) у статистичні розрахунки було включено обидва вуха кожної особи, тобто всього 40 спостережень (40 вух). Отримані статистичні показники цих даних наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Базові статистичні дані дослідження пацієнтів із нормальним слухом.

Рівень розбірливості	Тип тесту	Середнє	Медіана	Стандартне відхилення	мін	макс	Q25	Q75
50%	Класичний	26	25	3,434366	20	35	25	30
	Односкладовий	28,25	30	2,897833	20	35	25	30
100%	Класичний	42,625	45	4,08052	35	50	40	45
	Односкладовий	45,5	45	3,544588	35	55	45	45

При глобальному попарному порівнянні класичного та односкладового мовних тестів було виявлено достовірну різницю між ними, $p < 0,0001$ (Т-Вілкоксона = 37.0, p -value: 0.000). Тобто, спостерігалась достовірна різниця між групами. Більше того, для визначення наявності різниці в межах рівнів розбірливості між мовними тестами був використаний т-тест Вілкоксона. Таким чином було виявлено, що в кожному із випадків була достовірна різниця між мовними тестами (p -value: 0.0001 при рівнях розбірливості 50% та

100% окремо). З урахуванням базових статистичних показників, наведених в таблиці 4.1, та зважаючи на “крок” в 5 дБ при мовній аудіометрії, можна припустити, що різниця між групами була в межах 5 дБ, де більш легким тестом виявився класичний, а більш тяжким – односкладовий.

Враховуючи більш часте несиметричне ураження слухового аналізатора (16 спостережень - 80%), вухо із нормальними порогоми звукопроведення та звукосприйняття в статистичні розрахунки в межах групи Б не вносились. Із результатами базових розрахунків для групи Б можна ознайомитись в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Статистичні дані дослідження пацієнтів із рівнем порушення слуху 26-60 дБ.

Рівень розбірливості	Тип тесту	Середнє	Медіана	Стандартне відхилення	мін	макс	Q25	Q75
50%	Класичний	41,875	40	8,316105	25	65	35	46,25
	Односкладовий	44,79167	45	8,00532	30	65	40	50
100%	Класичний	61,45833	60	8,905197	50	80	55	65
	Односкладовий	63,75	62,5	8,628819	55	85	55	70

Попарне порівняння класичного та односкладового тестів при рівні розбірливості 50% показало достовірну різницю між тестами, $p=0,002$. На показнику розбірливості 100% також поставала достовірна різниця між тестами, $p=0,031$. Варто зауважити, що медіана тестів при рівні розбірливості 50% становила 40 дБ та 45 дБ для класичного тесту та для тесту односкладових слів відповідно. Що в черговий раз демонструє достовірно вищу складність односкладового мовного тесту. Водночас, при розбірливості 100%, порівнюючи показники медіани, різниця між тестами була в межах 2,5 дБ. Тобто, на такому рівні розбірливості обидва тести стають більш близькими один до одного за результатами, однак, односкладовий мовний тест все ще залишається достовірно складнішим.

Як і в попередньому випадку в групі В, у статистичні розрахунки не включалось вухо із нормальним слухом, або яке не досягало порогів чутливості більше 61 дБ на 3х послідовних частотах. Також, зважаючи на апаратні обмеження (при мовній аудіометрії аудіометр не подавав сигнали більше 100 дБ) та неможливість досягнення 100% розбірливості, що було обумовлено наявністю тяжкої сенсоневральної приглухуватості (глухоти), нами було ухвалено рішення не включати ці дані та відповідні їм пари у статистичні розрахунки. Таким чином з остаточними результати аналізу можна ознайомитись в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Статистичні дані дослідження пацієнтів із рівнем порушення слуху >61 дБ.

Рівень розбірливості	Тип тесту	Середнє	Медіана	Стандарт не відхилення	мін	макс	Q25	Q75
			а					

50%	Класичний	63,9130 4	60	18,88702	35	100	47,5	77,5
	Односкладовий	68,2608 7	65	18,00307	40	100	52,5	82,5
100%	Класичний	76,3333 3	70	13,55764	60	100	65	87,5
	Односкладовий	75,4166 7	75	7,216878	65	90	70	80

Після вилучення частини даних результати для рівня розбірливості 50% були вище при проведенні односкладового тесту, $p=0,033$ (одноранговий тест Вілкоксона дорівнює 37,0). Досить контрверсійні результати були отримані при порівнянні рівня гучності, при якому досягалась 100% розбірливості. Так, обидва тести виявились достовірно подібними, $p=0,256$ (одноранговий тест Вілкоксона дорівнює 21,0). Але отриманий результат може бути дискутабельним, оскільки у випадку 100% розбірливості попередньо вилучались попарні дані за умови відсутності мінімум одного елемента пари (даних односкладового тесту, класичного тесту або обох тестів). При цьому, за нашими спостереженнями, в більшості випадків вилучались дані за відсутності значення односкладового мовного тесту.

Для визначення взаємозв'язків між тестами було об'єднано 3 бази даних пацієнтів (3 групи – А, Б та В) та проведено кореляційний аналіз Пірсона на рівнях розбірливості 50% та 100% окремо. Дані аналізу візуалізовано, із ними можна ознайомитись на рисунку 4.2.

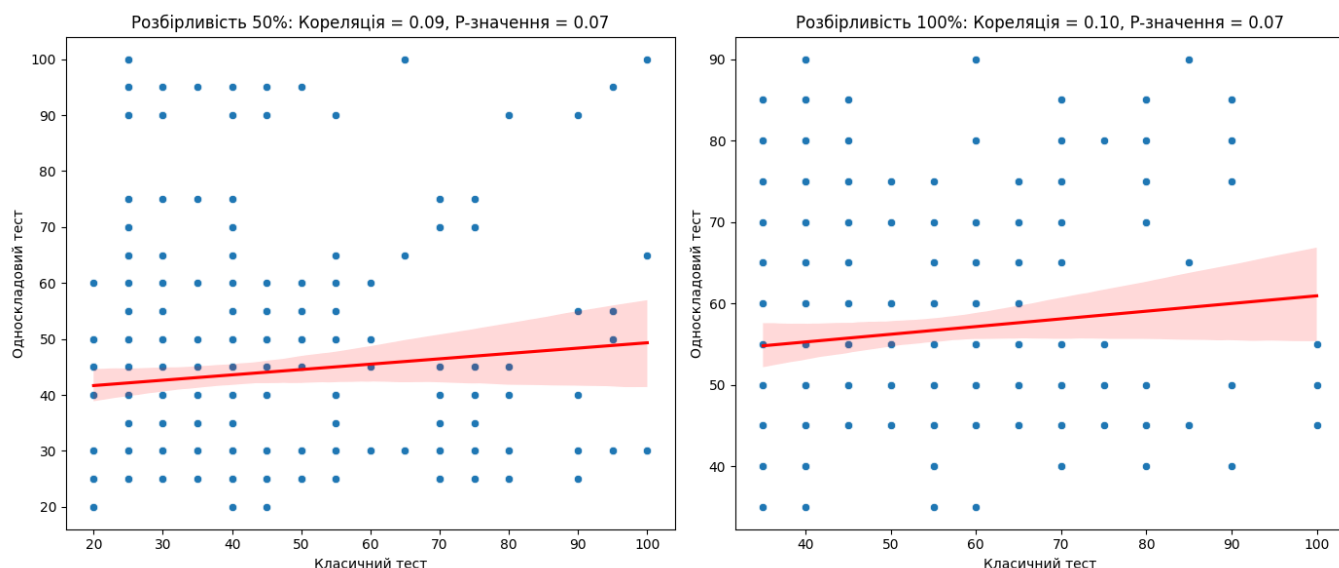


Рисунок 4.2. Дані кореляційного аналізу.

Згідно з аналізом, виявлено, що для розбірливості 50% коефіцієнт кореляції Пірсона становив 0.092, а значення $p=0.072$. При цьому для розбірливості 100% коефіцієнт кореляції Пірсона досягав 0.103, значення $p=0.075$. Ці результати показують дуже слабку позитивну кореляцію між результатами тестів, яка не є статистично достовірною на рівні значущості 0.05. Тобто тести можуть корелювати між собою, але для отримання достовірних результатів необхідний більший об'єм досліджуваної популяції.

Мовна аудіометрія виконує надзвичайно важливу роль в оцінці здатності хворого розпізнавати мову в різних умовах зовнішнього середовища. Для оцінки розбірливості нині використовують різноманітні типи тестів – числівники, багатоскладові слова, односкладові слова тощо. При цьому варіантами таких досліджень можуть бути ці ж списки слів, але в шумі або із застосуванням додаткових протоколів, наприклад QuickSIN (швидка мова в шумі) або інші. Численні дослідження підкреслюють користь усіх вищевказаних тестів для диференціації типу порушення слуху та вибору тактики лікування кожного окремого пацієнта. Особливу цінність ці тести мають у випадку вирішення питання щодо слухопротезування.

Історично склалось, що в Україні при проведенні мовної аудіометрії надається перевага багатоскладовим словам та числівникам, а односкладові тести не були розроблені взагалі. Зважаючи на те, що класичні тести, які зазвичай включають багатоскладові слова, можуть сприяти контекстному та інтонаційному розпізнаванню мовлення у пацієнтів із порушенням слуху, наразі їх застосування в країнах Європи обмежене. На противагу зазначеному, односкладові тести забезпечують більш якісне дослідження, зосереджуючись на окремих словах, що може бути більш когнітивно складним завданням, особливо в шумі. У літературі описується, що односкладові мовні тести в цілому є більш складними для осіб із порушенням слуху, що відображено у вищих порогах сприйняття мовлення, необхідних для точного розпізнавання слів порівняно з класичними багатоскладовими тестами [75]. При цьому наші результати показали, що односкладові тести були значно складнішими на всіх рівнях розбірливості, включаючи 50% та 100%, що демонструє подібність до світової практики.

Мовна аудіометрія має безцінне значення для діагностики різних типів і ступенів втрати слуху. Вона допомагає виявити конкретні порушення розпізнавання мовлення, які можуть бути неочевидними при звичайній пороговій тональній аудіометрії. Особливо це важливо для пацієнтів із сенсоневральною приглухуватістю, при якій пацієнти часто мають значні труднощі з розпізнаванням мовлення, особливо в складних умовах - за наявності фонового шуму [76]. Дослідження з використанням різних тестів мовлення в шумі, включаючи сприйняття мовлення в шумі (SPIN) і QuickSIN, показують, що навіть легка сенсоневральна приглухуватість може різко знизити здатність розуміти мову в шумному середовищі. Ці труднощі додатково посилюються когнітивним навантаженням, пов'язаним з обробкою мовлення, яка є тривалішою у людей похилого віку та в тих, хто має центральний тип порушення слухової функції [77]. Оскільки в Україні окреслені типи тестів наразі відсутні, своїм дослідженням ми вирішили

заповнити прогалину в односкладових мовних тестах та апробувати їх, порівнюючи із класичним вітчизняним підходом до мовної аудіометрії.

Узагальнюючи вищесказане, нами було зроблено наступні **висновки**:

1. У пацієнтів із нормальним слухом спостерігалась достовірна різниця між класичним та односкладовим тестами на рівнях розбірливості 50% та 100%. Різниця між тестами була близько 5 дБ, причому класичний тест був легшим, ніж односкладовий.
2. У пацієнтів із рівнем зниження слуху в межах 26-60 дБ було виявлено достовірну різницю між тестами на рівнях розбірливості 50% та 100%. Односкладовий тест виявився також складнішим.
3. У пацієнтів із тяжким зниженням слуху (понад 61 дБ) виявлена достовірна різниця на рівні розбірливості 50%, однак різниця на рівні 100% не була статистично значущою ($p=0,256$), що може бути зумовлено технічними обмеженнями або особливостями методології дослідження.
4. Кореляційний аналіз між результатами тестів показав слабку позитивну кореляцію ($p=0,092$ на 50% розбірливості і $p=0,103$ на 100% розбірливості), яка не була статистично значущою. Це вказує на необхідність збільшення вибірки для точнішого визначення взаємозв'язку між тестами.

Отже, наше дослідження-апробація односкладового мовного тесту показало вищу його складність порівняно із класичною мовною аудіометрією із застосуванням числівників та списків багатоскладових слів[78].

Матеріали розділу представлені в:

1. Деева Ю.В., Бондаренко Я.В. Апробація мовного тесту односкладових слів українською мовою в оториноларингологічній та сурдологічній практиці. Оториноларингологія. 2024 27-36с.

РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ МОВНОЇ АУДИОМЕТРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ОДНОСКЛАДОВИХ МОВНИХ ТЕСТІВ У ДАЙВЕРІВ

Дайвінг - це процес занурення та перебування людини під водою, що зазвичай відбувається із використанням спеціального спорядження для дихання (scuba-diving). За даними всесвітньої організації PADI® з 1967 року у світі сертифіковано більше ніж 29 мільйонів дайверів. [12]

Під час занурення на дайверів впливає низка зовнішніх факторів, таких як тиск стовпчика води, температура води та різноманітні джерела підводного шуму. Зокрема, тиск стовпчика води зростає на 1 атмосферу кожні 10 метрів глибини, що може призводити до змін у функціонуванні органів і систем, включаючи слухову систему [45]. Підвищення тиску зовнішнього середовища, разом із іншими факторами, такими як вибір профілю занурення, безпосередньо впливає на стан органів та систем під час та після занурення, та може викликати такі небезпечні патології слухової системи, як декомпресія та баротравма внутрішнього вуха, внаслідок чого розвивається сенсоневральна приглуховатість.

Слух відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки під водою. Дайвер може потрапити у середовище з обмеженою видимістю, спричиненої каламутністю води чи темрявою печери. При цьому звукові сигнали стають основним способом комунікації та орієнтації. Здатність розпізнавати звуки, такі як сигнали від партнерів, шум обладнання чи наближення морських об'єктів, може бути критичною для уникнення небезпечних ситуацій. Водночас підводне середовище характеризується постійним акустичним фоном — шумом від хвиль, течій, гідролокаційних систем (сонарів) та механічної взаємодії об'єктів із водою, що ускладнює сприйняття звуків [28]. У цьому контексті оцінка слухових функцій, зокрема розбірливості, набуває

особливого значення для дайверів як декретованої групи осіб, чия діяльність пов'язана з підвищеним ризиком.

Актуальність дослідження слуху дайверів зумовлена не лише поширеністю слухових порушень серед них, але й недостатньою увагою до субклінічних змін, які не виявляються стандартними методами діагностики, таких як тональна порогова аудіометрія. Мовна аудіометрія, зокрема з використанням односкладових тестів, дозволяє оцінити здатність розпізнавати мовні сигнали в умовах, наближених до реальних, і виявити порушення, які можуть залишатися непоміченими при рутинному обстеженні [49]. Результати цього дослідження можуть стати основою для розробки рекомендацій щодо регулярного моніторингу слуху дайверів та вдосконалення протоколів їхнього медичного супроводу.

До дослідження були залучені дайвери 59 осіб – як основна група (розділення на декомпресійний та бездекомпресійний дайвінг не виконувалось, у зв'язку з неможливістю виключити людський фактор), та 20 осіб – контрольна група з нормальним слухом за даними тональної порогової аудіометрії.

Обидві групи обстежуваних пройшли тест мовної аудіометрії з використанням односкладових слів, що попередньо був сворений та пройшов апробацію у 2024 році на базі кафедри оториноларингології НМУ імені О.О. Богомольця, рандомізований та зібраний в 6 груп по 40 слів.

Результати мовної аудіометрії з використанням односкладових тестів у дайверів (основна група) та осіб із нормальним слухом (контрольна група) представлені в таблиці 5.1. Тестування проводилося на рівнях розбірливості 50% і 100%, що дозволило оцінити порогову чутливість до мови та максимальну здатність слухової системи розпізнавати звуки. Таблиця містить середнє значення, медіану, стандартне відхилення, мінімальні та максимальні показники, а також квартилі (Q25 і Q75) у децибелах (дБ).

Таблиця 5.1 Результати 50% та 100% розбірливості основної та контрольної групи

Рівень розбірливості	Група	Середнє	Медіана	Стандартне відхилення	мін	макс	Q25	Q75
50%	Контрольна	22	25	3,43	20	35	25	30
	Основна	30	30	2,91	20	35	25	30
100%	Контрольна	42,62	45	4,08	35	50	40	45
	Основна	45,5	45	3,54	35	55	45	45

На рівні розбірливості 50%, що характеризує поріг сприйняття мови за низької інтенсивності звуку, контрольна група показала середнє значення 22 дБ із медіаною 25 дБ. Різниця між середнім і медіаною (3 дБ) вказує на невеликий зсув розподілу вліво, що підтверджується стандартним відхиленням 3,43 дБ і діапазоном від 20 до 35 дБ. Квартилі Q25 (25 дБ) і Q75 (30 дБ) свідчать, що 50% учасників мали результати в межах 25–30 дБ, демонструючи стабільність слухових функцій у групі з нормальним слухом.

В основній групі дайверів середнє значення та медіана збіглися на рівні 30 дБ, що вказує на симетричний розподіл результатів. Стандартне відхилення 2,91 дБ є нижчим, ніж у контрольній групі, що може свідчити про меншу варіабельність серед дайверів. Діапазон значень (20–35 дБ) збігається з контрольною групою, а квартилі (Q25 = 25 дБ, Q75 = 30 дБ) показують, що нижня чверть учасників мала пороги, близькі до контрольної групи, тоді як верхні 75% стабільно демонстрували 30 дБ. Попарне порівняння за t-тестом Ст'юдента виявило статистично значущу різницю між групами ($p = 0,002$),

підтверджуючи достовірне зниження розбірливості мови у дайверів на рівні 50%.

На рівні 100% розбірливості, що відображає максимальну здатність слухової системи розпізнавати мову, контрольна група показала середнє значення 42,62 дБ із медіаною 45 дБ. Стандартне відхилення 4,08 дБ і діапазон від 35 до 50 дБ вказують на більшу варіабельність порівняно з рівнем 50%. Квартилі (Q25 = 40 дБ, Q75 = 45 дБ) демонструють, що нижня чверть учасників потребувала меншої інтенсивності (40 дБ), тоді як верхня чверть збігається з медіаною (45 дБ).

В основній групі середнє значення склало 45,5 дБ, а медіана — 45 дБ, що є близьким до контрольної групи. Стандартне відхилення 3,54 дБ є нижчим, ніж у контрольній групі, а діапазон від 35 до 55 дБ включає вищі максимальні значення. Квартилі (Q25 = 45 дБ, Q75 = 45 дБ) свідчать про надзвичайну однорідність результатів: 50% дайверів показали однаковий поріг 45 дБ. Попарне порівняння не виявило статистично значущої різниці між групами ($p = 0,061$), що вказує на схожість слухових функцій при максимальній інтенсивності звуку.

Дані в черговий раз демонструють достовірно нищий рівень розбірливості мовного тесту у дайверів. Водночас, при розбірливості 100%, порівнюючи показники медіани, різниця між тестами була в межах 2,88 дБ, що може свідчити про здатність слухової системи дайверів компенсувати порушення при достатній гучності. Однак максимальне значення 55 дБ у основній групі (проти 50 дБ у контрольній) вказує на наявність окремих осіб із вищими порогамі, що може бути результатом індивідуальних особливостей чи більш вираженого впливу дайвінгу. Тобто, на такому рівні розбірливості 100% обидві групи були більш близькими один до одного за результатами.

Висновки: дане дослідження цілком відображає важливість значення дослідження розбірливості мови у декретованої групи осіб – дайверів. Отримані

показники свідчать про достовірне зниження 50% рівня розбірливості у осіб, що займаються дайвінгом, у порівнянні до осіб з нормальним слухом за даними тональної порогової аудіометрії. Саме тому необхідно проводити мовні тести для визначення розбірливості, адже при рутинній пороговій тональній аудіометрії неочевидні порушення можуть бути упущені.

Результати свідчать про вплив зовнішніх факторів, характерних для дайвінгу, на слухову систему. Зокрема, підвищення гідростатичного тиску під час занурень може спричиняти баротравму середнього чи внутрішнього вуха, що особливо впливає на сприйняття звуків низької інтенсивності (50% розбірливість). Різниця у 8 дБ між середніми значеннями груп на цьому рівні може відображати накопичені субклінічні зміни, такі як пошкодження волоскових клітин у внутрішньому вусі чи порушення провідності слухового апарату.

Підводний шум також відіграє важливу роль. Джерела, такі як шум від роботи дайверського обладнання, гідролокаційних систем, течій чи хвиль, створюють акустичний фон, до якого слухова система дайверів адаптується з часом [79]. Це може пояснити зниження чутливості до слабких сигналів, тоді як при високій інтенсивності (100% розбірливість) компенсаторні механізми дозволяють досягти результатів, близьких до контрольної групи. Індивідуальні фактори, такі як тривалість занурень, частота декомпресій чи використання захисного обладнання, могли додатково вплинути на розподіл результатів. Наприклад, дайвери з більшим стажем могли накопичити більше слухових змін, що відобразилося у вищих порогах при 50% розбірливості.

Відсутність розділення на декомпресійний і бездекомпресійний дайвінг у цьому дослідженні обмежує можливість точного визначення внеску декомпресійних епізодів. Проте наявність учасників із порогамі 20 дБ у обох групах (мінімальне значення) свідчить про те, що не всі дайвери мають

порушення, що може бути пов'язано з меншим досвідом чи кращим захистом слуху.

Матеріали розділу представлені в:

1. Bondarenko Ya. (2024). Результати мовної аудіометрії з використанням мовних тестів у дайверів. *Ukrainian Scientific Medical Youth Jornal* (SUPPLEMENT), 151(4), 201.
<https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.4.2024>

РОЗДІЛ 6. ПАТОФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ ПОРУШЕНЬ СЛУХУ У ОСІБ ІЗ НЕЗАРОЩЕНИМ ОВАЛЬНИМ ВІКНОМ

Раптова сенсоневральна приглухуватість – це захворювання, що зазвичай має односторонній характер, характеризується раптовим зниженням слуху принаймні на 30 дБ на 3 і більше суміжних частотах[2]. За різними даними, захворюваність становить 5–20 осіб на 100 000 населення незалежно від статі[1]. Серед етіологічних факторів виділяють токсичний вплив, генетичну схильність, аутоімунні, травматичні, неопластичні, метаболічні, судинні чинники та ідіопатичний генез[15]. Розуміння патофізіології раптової втрати слуху є надзвичайно важливим у розробці методів попередження та лікування сенсоневральної приглухуватості.

Перші публікації за запитом «Незарощене овальне вікно» на пошуковій медичній платформі Pub med датуються 1877 роком. З того часу автори досліджували його асоціацію з іншою кардіологічною патологією, легеневою тромбоемболією, раптовим ідіопатичним інсультом, мігренню, аритмією, ХОЗЛ[80], пневмонією та ТЕЛА[81]. Особливо активно публікації з'являлись після 1953 року, коли вперше використали ультразвук для візуалізації серця. Після 1970-х, із запровадженням доплерографії, стало можливим візуалізувати напрямок та силу кровотоку, завдяки чому було зафіксовано парадоксальний кровотік та парадоксальну емболізацію[80].

Відкритий овальний отвір - це ембріональний залишок овального отвору плода. Незарощене овальне вікно є поширеною знахідкою в загальній популяції, за даними різних авторів від 5-30% дорослого населення можуть мати дану патологію[80, 82, 18]. Якщо розмір дефекту незначний, він може бути абсолютно безсимптомним [19]. Якщо за певних змін параметрів гомеостазу організму, за сталих параметрів зовнішнього середовища у пацієнтів з незарощеним овальним вікном є ризик парадоксальної емболізації,

то зміна факторів зовнішнього середовища, таких як наприклад вплив підвищеного гідростатичного тиску, будуть тільки потенціювати зворотній кровотік та шунтування крові з правого у ліве передсердя.

Нами було проведено огляд ЛОР-органів на предмет виключення гострих запальних захворювань та акустичну імпедансометрію всім особам основної групи та контрольної групи. На основі даних клінічного огляду та додаткових методів обстеження - 3 особам було встановлено діагноз «H69.0 – гострий тубоотит», у зв'язку з чим вони були виключені з дослідження.

За регламентом дослідження нами була проведена отоакустична емісія на частоті продуктів спотворення обом групам досліджуваних осіб. Враховуючи нерівномірний розподіл даних на певних частотах нами було використано непараметричний тест PERMANOVA. Він був застосований для всіх частот одночасно на кожному вусі окремо, завдяки чому групи водночас були порівняні на всіх указаних частотах. Результати тесту було наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 результати тесту PERMANOVA по порівнянню на всіх частотах DP-gram.

Вухо	Тест	F- статистика	P- значення	Статистична значимість
R	PERMANOVA	12,87455	0	Так
L	PERMANOVA	7,98537	0,0004	Так

Зважаючи на результати вищезазначеного тесту, можна стверджувати, що наявна статично значима різниця між основною та контрольною групою у змінах на DP-грамах результатів отоакустичної емісії.

При більш детальному аналізі DP-gram нами було проаналізовано та усереднено значення сигнал/шуму (с/ш) на кожній окремій частоті. Таблиця 6.2

відображає розподіл результатів сигнал/шуму отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення для пацієнтів основної групи.

Таблиця 6.2. Результати сигнал/шуму отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення для пацієнтів основної групи

Частота	Вухо	Середнє	Відхилення	min	max
1000	R	3,005	5,151645	-6,7	8,6
	L	1,1625	6,449049	-12,6	7,8
1429	R	5,32	6,511011	-7,8	15
	L	5,44	7,000105	-7,9	19,2
2000	R	6,335	6,791037	-12,4	17
	L	4,310526	9,223334	-11,8	18,4
2857	R	1,775	9,128491	-24,9	13,7
	L	1,41	7,257149	-9,9	11,9
4000	R	-0,93	9,282133	-14,8	13,8
	L	0,875	8,711449	-21,5	13,8
5714	R	-4,915	6,973202	-20,5	7,1
	L	-4,49	8,022593	-32,3	6,9
8000	R	-0,545	7,854699	-14,5	12,9
	L	-2,925	7,019437	-15,7	7,7

В таблиці 6.3. зібрані дані реєстрації сигнал/шуму отоакустичної емісії контрольної групи.

Таблиця 6.3. Сигнал/шуму отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення для пацієнтів контрольної групи.

Частота	Вухо	Середнє	Відхилення	Min	max
1000	R	9,441667	4,446747	-1	16,3
	L	5,875	9,375512	-18,4	17,9
1429	R	14,00833	4,324656	6,4	19
	L	12,93333	4,205264	6,5	20,9
2000	R	14,60833	6,494957	6,2	24,1
	L	12,86667	6,906431	-2,4	25
2857	R	10,28333	6,839701	-5,1	20,4

	L	11,54167	4,045527	6,8	19,1
4000	R	13,1	5,765256	6,8	25,5
	L	8,741667	5,931343	-3,6	17,7
5714	R	3,125	8,000355	-13,8	16
	L	4,283333	9,262616	-10,7	14,8
8000	R	7,366667	4,204399	-0,7	12,9
	L	4,183333	10,23229	-21,1	18,8

При порівняльному аналізі між групами було виявлено частоти з рівномірним розподілом даних, які були оброблені за допомогою тесту T-test Стюдента та частоти з нерівномірним розподілом, які були оцінені за допомогою тесту Манна-Уїтні. Результати проведених тестів наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4. Достовірність порівняльної характеристики значень с/ш між основною та контрольною групою

Частота	Вуха	Тест	Статистика	Р-значення	Значимість
1000	R	Тест Манна-Уїтні	207	0,000756	Так
	L	Тест Манна-Уїтні	182,5	0,015788	Так
1429	R	Тест Манна-Уїтні	212	0,000367	Так
	L	T-test Стюдента	3,350295	0,002192	Так
2000	R	Тест Манна-Уїтні	191	0,006052	Так
	L	T-test Стюдента	2,755864	0,010013	Так
2857	R	Тест Манна-Уїтні	187	0,009633	Так
	L	T-test Стюдента	4,422876	0,000118	Так
4000	R	T-test Стюдента	4,702723	5,39E-05	Так
	L	T-test Стюдента	2,759234	0,009778	Так
5714	R	T-test Стюдента	2,989008	0,005541	Так
	L	Тест Манна-Уїтні	175	0,033855	Так

8000	R	T-test Ст'юдента	3,210158	0,003155	Так
	L	T-test Ст'юдента	2,333495	0,026514	Так

Для більшої наочності були побудовані попарні графіки для всіх частот тон-шкали DP-грами. Результати зображені у вигляді box plot, де група 1 – контрольна група, а група 2 – основна група.

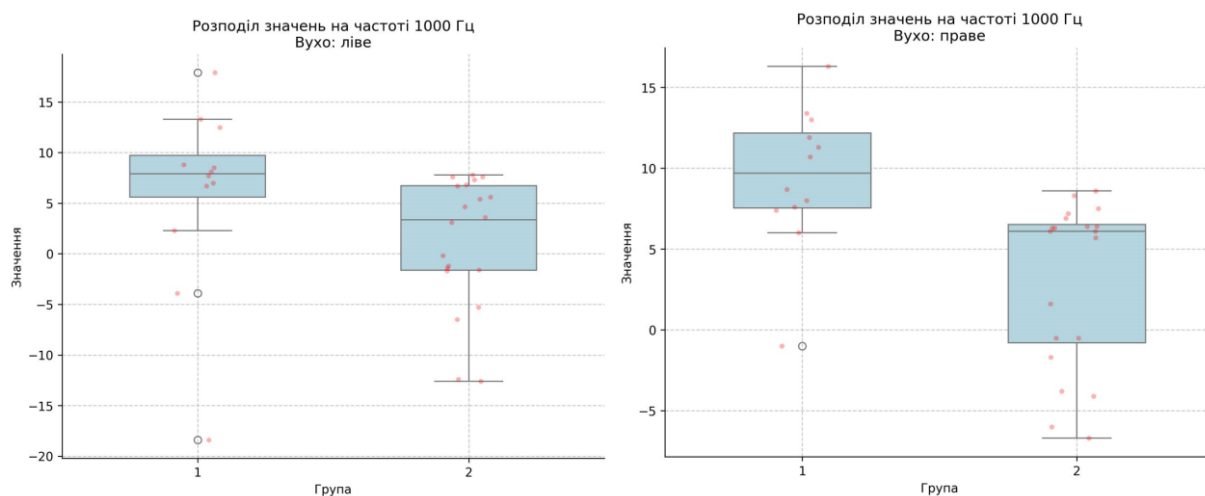


Рисунок 6.1. Box plot розподілу значень с/ш на частоті 1000Гц для правого та лівого вуха

На рисунку 6.2. зображено розподіл значень с/ш для частоти в 1000 Гц для правого та лівого вуха. Середні значення R/L $3,0 \pm 5,15 / 1,16 \pm 6,64$.

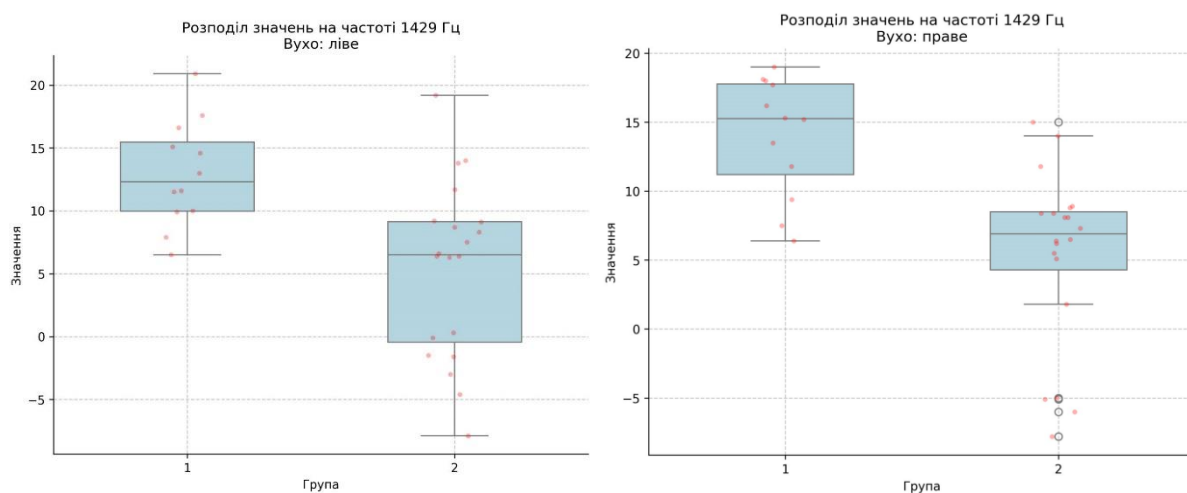


Рисунок 6.2. Box plot розподілу значень с/ш на частоті 1429 Гц для правого та лівого вуха

На рисунку 6.2 зображено Box plot розподілу значень с/ш на частоті 1429 Гц для правого та лівого вуха. Середні рівні становили $5,32 \pm 6,51 / 5,44 \pm 7,00$ для правого та лівого вуха відповідно.

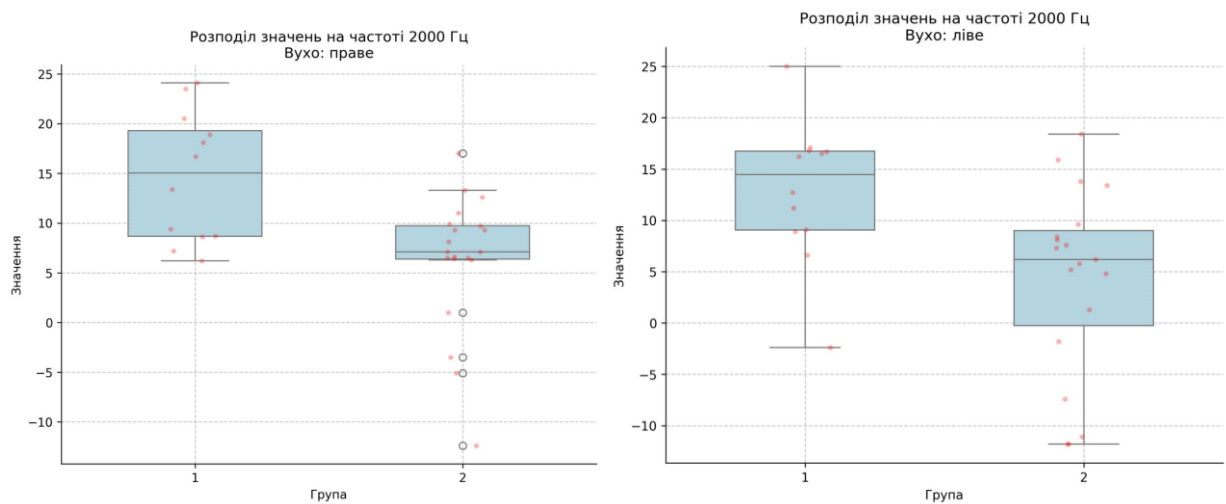


Рисунок 6.3. Box plot розподілу значень с/ш на частоті 2000 Гц для правого та лівого вуха

На рисунку 6.3. зображено Box plot розподілу значень с/ш на частоті 2000 Гц для правого та лівого вуха. Середні рівні значень варіюють в межах $6,33 \pm 6,79 / 4,31 \pm 9,22$ для правого та лівого вуха відповідно.

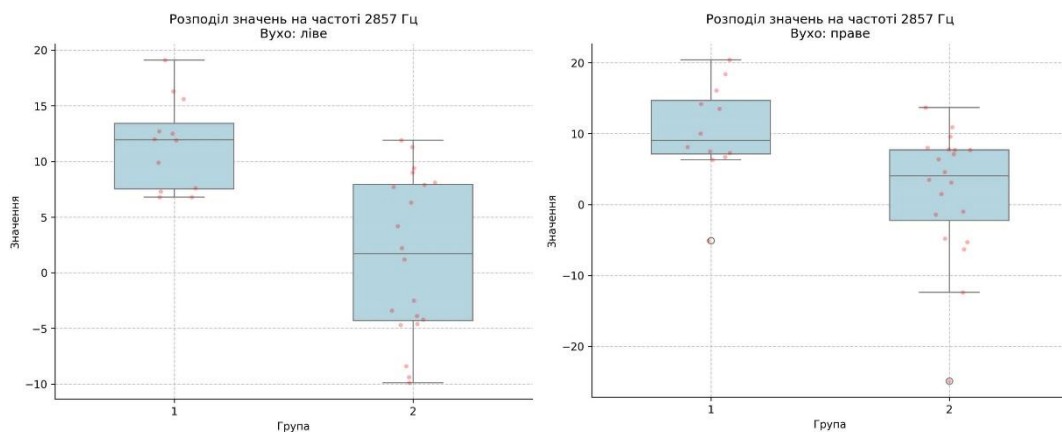


Рисунок 6.4. Box plot розподілу значень с/ш на частоті 2857 Гц для правого та лівого вуха

На рисунку 6.4. зображено Box plot розподілу значень с/ш на частоті 2857 Гц для правого та лівого вуха. Середні рівні значень варіюють в межах $1,77 \pm 9,12 / 1,41 \pm 7,25$ для правого та лівого вуха відповідно.

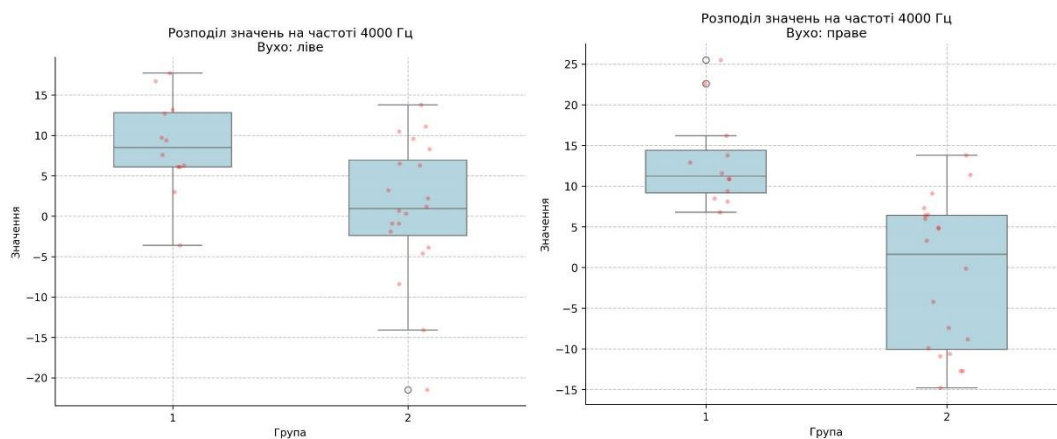


Рисунок 6.5. Box plot розподілу значень с/ш на частоті 4000 Гц для правого та лівого вуха

На рисунку 6.5. зображено Box plot розподілу значень с/ш на частоті 4000 Гц для правого та лівого вуха. Середні рівні значень варіюють в межах $-0,93 \pm 9,28 / 0,87 \pm 8,71$ для правого та лівого вуха відповідно.

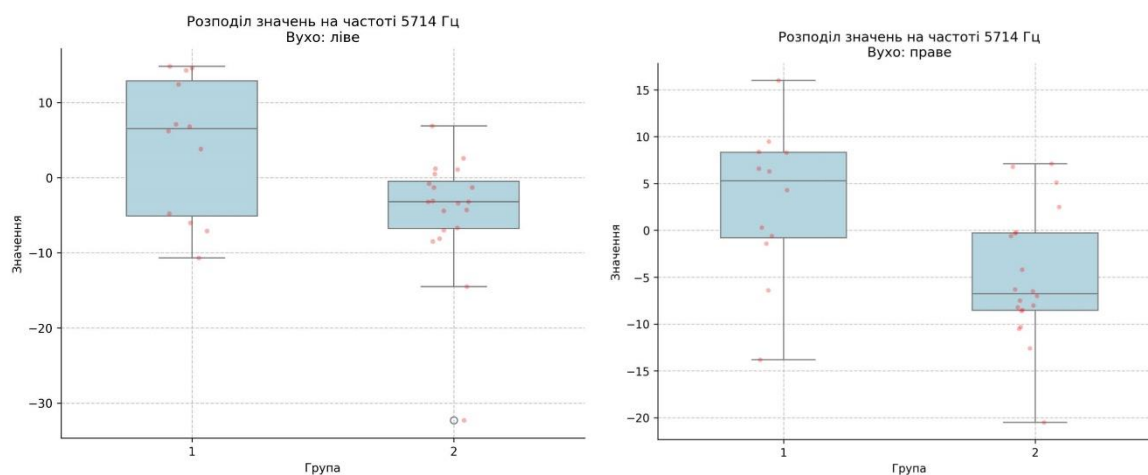


Рисунок 6.6. Box plot розподілу значень с/ш на частоті 5714 Гц для правого та лівого вуха

На рисунку 6.6. зображено Box plot розподілу значень с/ш на частоті 5714 Гц для правого та лівого вуха. Середні рівні значень варіюють в межах - $4,91 \pm 6,97 / -4,49 \pm 8,02$ для правого та лівого вуха відповідно.

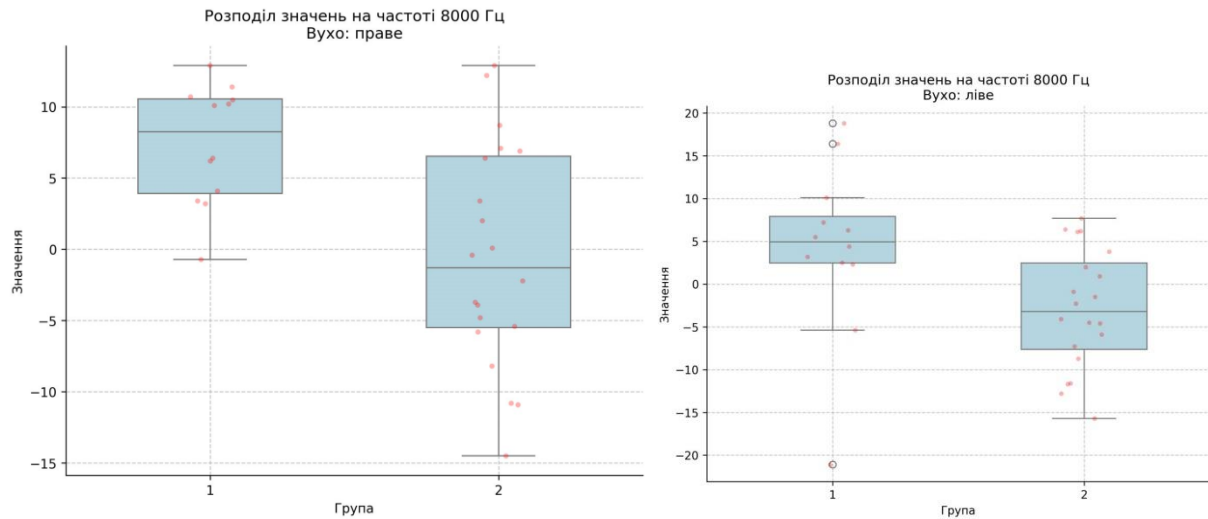


Рисунок 6.7. Box plot розподілу значень с/ш на частоті 8000 Гц для правого та лівого вуха

На рисунку 6.7. зображено Box plot розподілу значень с/ш на частоті 8000 Гц для правого та лівого вуха. Середні рівні значень варіюють в межах - $0,54 \pm 7,85 / -2,92 \pm 7,01$ для правого та лівого вуха відповідно.

На рисунку 6.8. зображено попарне порівняння DP-gram отоакустичної емісії для лівого та правого вуха у двох групах:

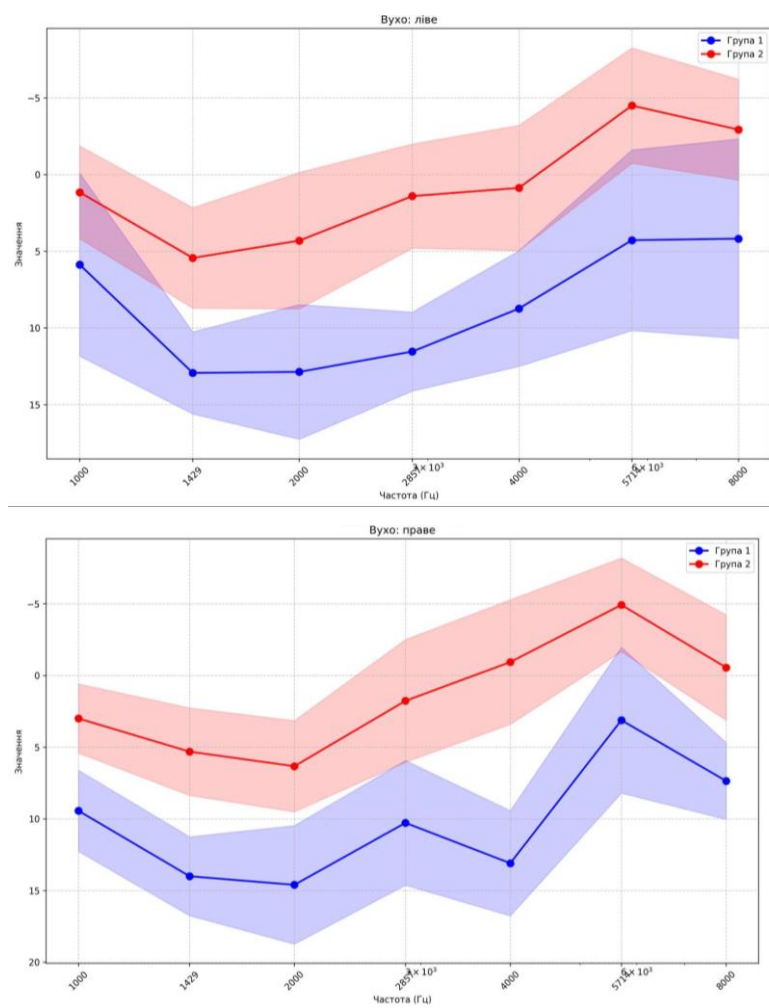


Рисунок 6.8. Порівняння DP-грам отоакустичної емісії для лівого та правого вуха основної та контрольної груп.

На графіках контрольна група зображена, як група 2, синім кольором. Група 1 - основна група, дайвери, зображена червоним кольором.

На осі абсцис (x) – частота стимулу в герцах (1000–8000 Гц), на осі ординат (y) – значення с/ш (дБ), що характеризує активність зовнішніх волоскових клітин.

У контрольній групі (червона лінія) значення с/ш на низьких частотах: 1000-2000 Гц с/ш становить близько 5-6 дБ (межове значення); на 1429 Гц показник становить 10-12 дБ, що говорить про адекватну мотильність зовнішніх волоскових клітин. У групі дайверів (синя лінія) значення на 1000 Гц тяжіє до 0 дБ, що є нижчим за норму.

У середньочастотному діапазоні значення с/ш контрольної групи варіюють у межах 5-8 дБ, що переважно відповідає нормі. У групі дайверів

значення стабільно нижчі за 6 дБ, що може свідчити про порушення мотильності зовнішніх волоскових клітин у середньочастотному діапазоні.

У контрольній групі на високочастотному діапазоні: 5714-8000 Гц значення перевищує 10 дБ, що є оптимальним показником функції ЗВК. У групі дайверів спостерігається знижена мотильність зовнішніх волоскових клітин у високочастотному діапазоні, значення ОАЕ до 6 дБ і нижче.

Для оцінки кореляції між наявністю незакритого овального вікна та порушенням мотильності зовнішніх волоскових клітин у дайверів було використано тест Спірмана. Результати достовірності кореляційних зв'язків між значенням с/ш ОАЕ ПС основної групи наведені у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5. Достовірність кореляції між незакритим овальним вікном та порушенням мотильності зовнішніх волоскових клітин у дайверів.

Частоти	Праве вухо		Ліве вухо	
	correlation	p_value	correlation	p_value
1000_R	-0,1905	0,408154	-0,18036	0,434014
1429_R	-0,30069	0,185345	-0,40079	0,071772
2000_R	-0,23053	0,31472	-0,5711	0,008535
2857_R	-0,32064	0,156452	-0,40066	0,071873
4000_R	-0,53105	0,013245	-0,41081	0,06432
5714_R	0	1	-0,07016	0,762494
8000_R	-0,16021	0,487847	-0,1202	0,603773

Згідно з отриманими даними були побудовані теплові карти кореляційного зв'язку, між мотильністю волоскових клітин та наявністю незарощеного овального вікна. Дані кореляційні зв'язки зображені на рисунку 6.9.

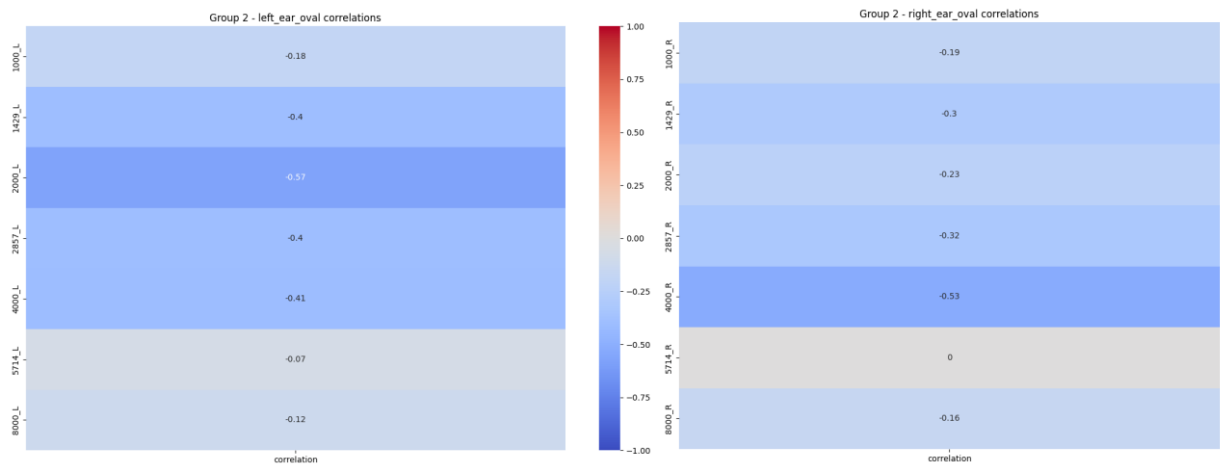


Рисунок 6.9. Теплова карта кореляційних зв'язків між порушенням мотильності зовнішніх волоскових клітин та незарощеним овальним вікном.

Таким чином, було виявлено, що, як можна спостерігати на рисунку, що чим значніше порушення функції ЗВК, тим міцніше кореляційні зв'язки. Негативний кореляційний зв'язок наявний в діапазоні 1-4кГц, що в свою чергу може бути пов'язано із особливостями васкуляризації внутрішнього вуха. Проте, зважаючи на малу вибірку обстежуваних, можна встановити лише потенційний напрямки для подальших досліджень.

У нашому дослідженні ми виявили статистично значущі відмінності в показниках отоакустичної емісії (ОАЕ) на частоті продуктів спотворення між групою дайверів та контрольною групою осіб, які не займаються підводним плаванням. Зокрема, у дайверів спостерігалось зниження значень сигнал/шум (с/ш), що вказує на порушення мотильності зовнішніх волоскових клітин внутрішнього вуха, особливо в низько- та середньочастотному діапазоні (1000–4000 Гц). Кореляційний аналіз також виявив зв'язок між наявністю незарощеного овального вікна (PFO) та цими змінами на окремих частотах, хоча сила цього зв'язку варіювала. Ці результати дозволяють припустити, що PFO може відігравати роль у розвитку порушень слуху у дайверів, ймовірно через механізм парадоксальної емболізації, який активується під впливом підвищеного гідростатичного тиску під час занурень.

Незарощене овальне вікно передбачає шунтування крові з правого в ліве передсердя, що призводить в свою чергу призводить до парадоксальної емболізації. У контексті дайвінгу цей механізм набуває особливої актуальності, оскільки декомпресія під час занурення сприяє утворенню вільних газових мікроемболів, які через PFO потрапляють у системний кровотік [11]. Наші дані частково підтверджують цю гіпотезу, адже зниження мотильності зовнішніх волоскових клітин у дайверів може бути пов'язане з мікроемболічними ураженнями судин внутрішнього вуха.

Щодо раптової сенсоневральної приглухуватості, література виділяє судинні фактори як одну з ключових причин її розвитку (Stachler et al., 2012)[12]. Ішемія лабіринтної артерії, яка забезпечує кровопостачання внутрішнього вуха, може виникати внаслідок емболії чи тромбозу. У нашому дослідженні ми припускаємо, що у дайверів із PFO парадоксальна емболізація може бути тригером таких ішемічних подій. Це узгоджується з роботами Klingmann et al. (2007)[13], які описували випадки декомпресійної хвороби внутрішнього вуха у дайверів. Наші результати доповнюють ці дані, вказуючи на потенційну роль PFO як фактора ризику.

Зниження значень с/ш у діапазоні 1000–4000 Гц у дайверів порівняно з контрольною групою є ключовим результатом нашого дослідження. У контрольній групі середні значення с/ш коливалися в межах 5–12 дБ, що відповідає нормативним показникам функції зовнішніх волоскових клітин [14]. Натомість у дайверів ці показники часто опускалися нижче 6 дБ, особливо на низьких частотах (1000 Гц: $3,0 \pm 5,15$ дБ для правого вуха), що може свідчити про субклінічні зміни слухового аналізатора. Цікаво, що найбільші відхилення спостерігалися саме в низько- та середньочастотному діапазоні, тоді як на високих частотах (5714–8000 Гц) різниця була менш вираженою. Це може бути пов'язано з анатомічними особливостями кровопостачання завитки, де базальні відділи, відповідальні за високі частоти, менш вразливі до ішемії порівняно з апікальними [15].

Кореляція між PFO та зниженням мотильності волоскових клітин була статистично значущою на частотах 2000 Гц ($p = 0,0085$ для лівого вуха) та 4000 Гц ($p = 0,013$ для правого вуха), але слабшою або відсутньою на інших частотах, та мала вибірка не дозволяє зробити остаточні висновки з цього приводу. Відмінності між групами також можуть бути зумовлені професійним впливом дайвінгу, зокрема повторюваними епізодами декомпресії, що підсилюють ризик мікроемболізації у осіб із PFO.

Ми припускаємо, що основним механізмом розвитку порушень слуху у дайверів із PFO є парадоксальна емболізація, яка виникає внаслідок шунтування газових мікроемболів через дефект міжпередсердної перетинки. Під час занурення та подальшої декомпресії в кровоносній системі можуть утворюватися мікробульбашки азоту, які зазвичай фільтруються легеньми. Однак у наявності PFO ці бульбашки можуть потрапляти в артеріальний кровотік, досягаючи судин внутрішнього вуха. Лабіринтна артерія, будучи кінцевою гілкою, не має колатерального кровопостачання, що робить її особливо вразливою до оклюзії [16]. Це може призводити до транзиторної ішемії волоскових клітин, що й відображається у зниженні значень ОАЕ.

Альтернативним поясненням може бути баротравматичний вплив на середнє чи внутрішнє вухо, хоча ми виключили з дослідження осіб із встановленими аку- чи баротравмами, проте варто зазначити, що через особисту недбалість обстежувані могли не звертатись за медичною допомогою при декомпресійній хворобі легкого ступеня. Також не можна повністю відкидати вплив шуму під водою чи хронічного стресу на слухову систему, хоча ці фактори менш імовірні з огляду на специфіку наших результатів.

Висновки:

Результати отоакустичної емісії у групі дайверів мають найбільші відхилення від норми у низькочастотному діапазоні, де значення суттєво нижчі за 6 дБ значення. У середньочастотному діапазоні (2000–4000 Гц) у

дайверів значення частково виходять за межі нормативу, що може вказувати на потенційний вплив занурень на початкові зміни у функції зовнішніх волоскових клітин. Важливо підкреслити, що низькі значення сигнал/шуму не є прямим показником втрати слуху, однак може свідчити про порушену мотильність зовнішніх волоскових клітин, пов'язані з професійним впливом високого гідростатичного тиску.

Передбачуваний патогенетичний механізм розвитку порушень слуху у осіб, що займаються дайвінгом є парадоксальна емболізація. Як патогенез механізму розвитку ішемії, ми припускаємо, що у цих пацієнтів може спостерігатися мікроемболічний генез порушень слуху периферичного відділу слухового аналізатора. Розлади слуху у такому випадку провокуються декомпресійною хворобою внутрішнього вуха, що зрештою при недостатній діагностиці цього стану призводить до сенсоневральної приглухуватості[83].

Матеріали розділу представлені в:

1. Бондаренко Я.В., Дєєва Ю.В. Патофізіологічні механізми розвитку порушень слуху у дайверів. Клінічна та профілактична медицина, 2025, випуск 2 (40). <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2025.12>.

РОЗДІЛ 7. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.

У дисертаційній роботі представлені результати клінічного проспективного дослідження, що базується на аналізі даних аудіологічного обстеження осіб, що піддаються частому впливу дії підвищеного гідростатичного тиску (дайвери).

Сучасні дослідження відкривають нові горизонти в розумінні патогенезу розвитку зниження слуху у осіб, що займаються як рекреаційним та і військовим дайвінгом, і особливе місце в цьому займають стажозалежні чинники – фактична максимальна глибина занурення та загальна кількість занурень[84]. Останніми роками занурення з аквалангом (SCUBA) набуло значної популярності у світі. Звичайно крім рекреації, дайвінг використовується і як професійна діяльність, наприклад технічні дайвери, які виконують будівельні роботи під водою. В Україні, зважаючи на політичні події також активно розвивається військовий дайвінг. Хоча цей вид активності є відносно безпечним за умови відповідної підготовки та сертифікації, все ж він може бути пов'язаний із потенційними ризиками. Дайвери зазнають впливу гіпербаричного середовища з підвищеним атмосферним тиском, що матиме різноманітні наслідки для організму.

Дослідження стану перцептивної частини слухового апарату є важливим етапом у розробці нових підходів до обстеження декретованого контингенту – дайверів. Розуміння взаємозв'язку між дайвінгом та патологією внутрішнього вуха може бути важливим для розвитку подальший досліджень у галузі аудіології та підводної медицини.

Зниження слуху перцептивного характеру визначається як сенсоневральна приглухуватість. Це захворювання, що зазвичай має односторонній характер, характеризується зниженням слуху принаймні на 30 дБ на 3 і більше суміжних частотах[85]. Сенсоневральна приглухуватість, за різними даними, становить від 5 до 20 осіб на 100 000 населення незалежно від

статі[4].Саме це захворювання створює значне навантаження на систему охорони здоров'я. Захворювання перебігає зі скаргами на зниження слуху та розділяється на ступені залежно від глибини порушення. Грубі порушення зі зниженням слуху до соціально-неадекватного рівня потребують особливої уваги та значно більших економічних затрат на лікування.

На розвиток сенсоневральної приглухуватості або субклінічного стану з порушенням функції зовнішніх волоскових клітин впливають фактори зовнішнього середовища, такі як підвищений гідростатичний тиск[86]. Дайвер, знаходячись тривалий час під впливом гіпербаричного середовища зазнає впливу через різні механізми, зокрема периферичну вазоконстрикцію[87] та підвищення артеріального тиску[88]. Крім того за законом Бойля-Маріонна гази, які вдихає дайвер дифундують в тканини[89]. При недотриманні профілю занурення розчинені гази лишаються у тканинах і провокують декомпресійну хворобу у різних її проявах. Доведено, що при бездекомпресійному зануренні мікроемболи лишаються у тканинах і також можуть викликати патологічні зміни у них, провокуючи ішемію у судинах русла мікроциркуляції[90].

Мікроемболи також можуть утворюватись і іншим шляхом, за рахунок парадоксальної емболізації при незарощеному овальному вікні серця[91]. Незарощене овальне вікно - це ембріональний залишок овального отвору плода. Незарощене овальне вікно є поширеною знахідкою в загальній популяції, за даними різних авторів від 5-30% дорослого населення можуть мати дану патологію[18]. Якщо розмір дефекту незначний, він може бути абсолютно безсимптомним [19]. Отже якщо дефект є безсимптомним, є вірогідність, що особа може бути недообстеженою. Виконуючи занурення, є ризик шунтування крові з права на ліво та розвитку парадоксальної емболізації.

У рамках проведеного дослідження було обстежено групу з 59 дайверів. При зборі анамнезу встановлювались такі показники як стаж занурення (в роках), загальна кількість занурення та фактична максимальна глибина

занурення. Важливо уточнити, що саме фактична глибина, а не дозволена за рівнем сертифікації, враховувалась у дослідженні, адже обстежувані особи, з анамнезу, часто не дотримуються дозволених глибин. Відповідно до стажу, обстежувані були поділені на 2 групи – 1 –ша – більше 5 років, 2 – га група – менше 5 років.

Всім обстежуваним було проведено огляд ЛОР-органів на предмет виключення гострих запальних захворювань та акустичну імпедансометрію. На основі даних клінічного огляду та додаткових методів обстеження - 3 особам було встановлено діагноз «H69.0 – гострий тубоотит», у зв'язку з чим вони були виключені з дослідження.

Нами було досліджено пороги тональної аудіометрії у дайверів та встановлено, що пороги звукосприйняття у 1-ї групи на частоті 0,25 та 8кГц, достовірно вище у порівнянні з 2-ю групою ($p < 0,05$), що визначено за допомогою тесту Mann-Whitney U. 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 порогоми слуху, кількістю, стажем та глибиною занурень, що фактично являються стажозалежними показниками.

Встановлено стійку позитивну кореляцію між анамнестичними даними (кількість занурень, максимальна глибина занурень та стаж) і підвищенням порогів кісткового проведення. Це свідчить про те, що тривалий вплив гідростатичного тиску та інших факторів при зануренні (наприклад, зміни тиску, акустичні ефекти, можливий баротравматичний вплив) можуть призводити до прогресивного погіршення слуху. Найсильніший кореляційний ефект спостерігається між стажем занурення та порогоми перцептивної чутливості, що свідчить про накопичувальний характер змін у слуховій системі.

Для повноцінної оцінки стану слухової системи, для визначення розбірливості обстежуваних використовуються мовні тести. В Україні існувала низка україномовних мовних тестів, тести з числівниками та багатоскладові тести за модифікацією Римар Н.В.

У світовій практиці в діагностиці порушень слуху мовними тестами загальноприйнято використовувати саме односкладові слова. Вони дозволяють більш точно визначити ступінь та характер порушень слуху, оскільки мінімізують можливість відгадування слів та зменшують вплив контекстуальних підказок. Дослідження показують, що односкладові мовні тести можуть бути більш надійними для визначення типу та тяжкості розладу слуху [92, 93].

Саме тому нами було розроблено та валідовано односкладові мовні тести. Під час роботи ми встановили, що у пацієнтів із нормальним слухом спостерігалась достовірна різниця між класичним та односкладовим тестами на рівнях розбірливості 50% та 100%. Різниця між тестами була близько 5 дБ, причому класичний тест був легшим, ніж односкладовий.

У пацієнтів із рівнем зниження слуху в межах 26-60 дБ було виявлено достовірну різницю між тестами на рівнях розбірливості 50% та 100%. Односкладовий тест виявився також складнішим.

У пацієнтів із тяжким зниженням слуху (понад 61 дБ) виявлена достовірна різниця на рівні розбірливості 50%, однак різниця на рівні 100% не була статистично значущою ($p=0,256$), що може бути зумовлено технічними обмеженнями або особливостями методології дослідження.

Кореляційний аналіз між результатами тестів показав слабку позитивну кореляцію ($p=0,092$ на 50% розбірливості і $p=0,103$ на 100% розбірливості), яка не була статистично значущою. Це вказує на необхідність збільшення вибірки для точнішого визначення взаємозв'язку між тестами.

Отже, наше дослідження-апробація односкладового мовного тесту показало вищу його складність порівняно із класичною мовною аудіометрією із застосуванням числівників та списків багатоскладових слів.

За допомогою розробленого односкладового мовного тесту було проведено обстеження групи дайверів та контрольної групи - умовно здорових добровольців. Попарне порівняння результатів у основної та контрольної групи при рівні розбірливості 50% показало достовірну різницю між тестами, $p=0,002$. При 100% розбірливості не виявлена достовірна різниця між групами, $p=0,061$. Варто зауважити, що медіана тестів при рівні розбірливості 50% становила 30 дБ та 18 дБ для основної та контрольної груп відповідно. Дані демонструють достовірно нищий рівень 50% розбірливості мовного тесту у дайверів. Водночас, при розбірливості 100%, порівнюючи показники медіани, різниця між тестами була в межах 2 дБ. Тобто, на такому рівні розбірливості обидві групи були більш близькими один до одного за результатами. Тобто отримані показники свідчать про достовірне зниження 50% рівня розбірливості у осіб, що займаються дайвінгом, у порівнянні до осіб з нормальним слухом за даними тональної порогової аудіометрії.

Важливість значення дослідження розбірливості мови у декретованої групи осіб – дайверів полягає у розпізнаванні важливих звуків, особливо в складних умовах зовнішнього середовища, наприклад за умови зовнішнього шуму. Таким шумомо можуть бути звуки від роботи дайверського обладнання, шум від великих морських тварин, корабельний рух, підводне будівництво, вибухи, буріння, гідролокаційні системи (сонари), хвилі, течії та механічний шум від взаємодії об'єктів з водою. Зрештою це може дезорієнтувати дайвера та навіть коштувати дайверу життя.

Всі обстежувані особи – дайвери та особи контрольної групи були обстежені за допомогою отоакустичної емісії на частоті продуктів спотворення. Результати отоакустичної емісії у групі дайверів мають найбільші відхилення від норми у низькочастотному діапазоні, де значення суттєво нижчі за 6 дБ значення. У середньочастотному діапазоні (2000–4000 Гц) у дайверів значення частково виходять за межі нормативу, що може вказувати на потенційний вплив занурень на початкові зміни у функції зовнішніх волоскових клітин. Важливо підкреслити, що низькі значення

сигнал/шуму не є прямим показником втрати слуху, однак може свідчити про порушену мотильність зовнішніх волоскових клітин, пов'язані з професійним впливом високого гідростатичного тиску.

Передбачуваний патогенетичний механізм розвитку порушень слуху у осіб, що займаються дайвінгом є парадоксальна емболізація. Як патогенез механізму розвитку ішемії, ми припускаємо, що у цих пацієнтів може спостерігатися мікроемболічний генез порушень слуху периферичного відділу слухового аналізатора[94]. Розлади слуху у такому випадку провокуються декомпресійною хворобою внутрішнього вуха, що зрештою при недостатній діагностиці цього стану призводить до сенсоневральної приглухуватості.

Враховуючи аналіз літератури за тематикою, дайверам було проведено трансторакальну ехокардіографію з метою виключення патології – незарощеного овального вікна. Після обстеження, було проведено кореляційні зв'язки між порушенням мотильності зовнішніх волоскових клітин та незарощеним овальним вікном. Встановлено, що чим значніше порушення функції ЗВК, тим міцніше кореляційні зв'язки. Негативний кореляційний зв'язок наявний в діапазоні 1-4кГц, що в свою чергу може бути пов'язано із особливостями васкуляризації внутрішнього вуха. Проте, зважаючи на малу вибірку обстежуваних, можна встановити лише потенційні напрямки для подальших досліджень.

Враховуючи вищезазначені дані 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 поряд з класичними методиками аудіологічного обстеження.

Підсумовуючи, отримані результати підкреслюють роль стажозалежних показників у зниженні слуху у дайверів, виявлені відмінності у групах, що вказує на необхідність профілактичних оглядів у декретованого контингенту

(дайверів) та перспектива подальших досліджень у галузі аудіології та підводної медицини.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено теоретичне узагальнення і нове вирішення актуального наукового завдання сучасної оториноларингології – дослідження особливостей ураження звукопровідного та звукосприймаючого апарату у дайверів.

1. Пороги звукосприйняття достовірно підвищуються залежно від стажу занурень. У групі дайверів зі стажем понад 5 років пороги перцептивної чутливості були достовірно вищими порівняно з групою зі стажем менше 5 років ($p < 0,05$, тест Mann-Whitney U).
2. Варіабельність значень перцептивної чутливості зростає на частотах 2-8 кГц, що свідчить про початкові прояви сенсоневральної приглухуватості у частини обстежуваних.
3. Результати ОАЕ показали відхилення значень сигнал/шуму у дайверів, зокрема зниження значень сигнал/шум у низькочастотному діапазоні до 2кГц (< 6 дБ), що вказує на початкові зміни мотильності зовнішніх волоскових клітин. Встановлено негативний кореляційний зв'язок між порушенням функції ЗВК та наявністю незарощеного овального вікна, що підкреслює потенційний мікроемболічний генез порушень.
4. Дослідження рівня розбірливості мови за допомогою розроблених та валідованих односкладових мовних тестів виявило достовірне зниження розбірливості на рівні 50% у групі дайверів (медіана 30 дБ) порівняно з контрольною групою (медіана 18 дБ) ($p = 0,002$).
5. На рівні 100% розбірливості різниця між групами була незначною (медіана 45 дБ в обох групах, $p = 0,061$), що вказує на збереження компенсаторних можливостей слуху при високій інтенсивності звуку. Односкладові тести виявилися складнішими порівняно з класичними (різниця ~ 5 дБ у здорових осіб), що підтверджує їхню вищу чутливість до субклінічних порушень.

6. Негативний кореляційний зв'язок ($r=-0,40079$; $p>0,05$) між мотильністю волоскових клітин та наявністю незарощеного овального вікна наявний в діапазоні 1-4кГц, що в свою чергу може бути пов'язано із особливостями васкуляризації внутрішнього вуха.

7. Встановлено стійку позитивну кореляцію між порогам слуху та стажозалежними показниками (кількість занурень, максимальна глибина, стаж). Виявлено сильний позитивний кореляційний зв'язок між кількістю занурень та підвищенням порогів слуху, зокрема кісткового проведення за даними порогової тональної аудіометрії (коефіцієнт кореляції $r=0,5310$; $p<0,05$).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі результатів проведеного дослідження в клінічну практику є доречним впровадити наступні положення:

1. Впровадити щорічно проведення порогової тональної аудіометрії для осіб, що знаходяться під тривалим впливом підвищеного гідростатичного тиску.
2. Рекомендувати акустичну імпедансометрію як стандартний протокол обстеження дайверів для виключення патологій середнього вуха перед зануреннями.
3. Впровадити тестування отоакустичної емісії як скринінговий метод для виявлення субклінічних змін зовнішніх волоскових клітин у дайверів.
4. Рекомендувати використання односкладових тестів як додаткового інструменту для оцінки слуху в умовах шумового навантаження, що характерно в тому числі і для підводного середовища.
5. Рекомендувати суворе дотримання профілю бездекомпресійного занурення та використання декомпресійних зупинок для зменшення ризику мікроемболізації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ohgald T, Nigauri T, Okubo J, et al. Exostosis of the external auditory canal and sensorineural hearing loss in professional divers. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 1992;95:1323-31
2. Tuominen, L. J., Sokolowski, S., Lundell, R. V., & Räisänen-Sokolowski, A. K. (2022). Decompression illness in Finnish technical divers: a follow-up study on incidence and self-treatment. *Diving and hyperbaric medicine*, 52(2), 78–84. <https://doi.org/10.28920/dhm52.2.74-84>
3. Bove A. A. (2014). Diving medicine. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 189(12), 1479–1486. <https://doi.org/10.1164/rccm.201309-1662CI>
4. Khan K. (2016). Tauchunfälle [Diving accidents]. *Deutsche medizinische Wochenschrift (1946)*, 141(12), 890–894. <https://doi.org/10.1055/s-0041-105592>
5. Schreiber, B. E., Agrup, C., Haskard, D. O., & Luxon, L. M. (2010). Sudden sensorineural hearing loss. *Lancet (London, England)*, 375(9721), 1203–1211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)62071-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)62071-7)
6. Державний експертний центр МОЗ України. (2022). *Сенсоневральна приглухуватість: клінічна настанова, заснована на доказах* (2-е вид.). <https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/kn-snp.pdf>
7. Lentz, P. C., Lim, S. Y., Betzler, B. K., Miller, D. D., Dorairaj, S. K., & Ang, B. C. H. (2024). A deep dive into hyperbaric environments and intraocular pressure—a systematic review. *Frontiers in medicine*, 11, 1365259. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1365259>
8. Schwerzmann, M., & Seiler, C. (2001). Recreational scuba diving, patent foramen ovale and their associated risks. *Swiss medical weekly*, 131(25-26), 365–374. <https://doi.org/10.4414/smw.2001.09706>
9. Mitchell, S. J., & Doolette, D. J. (2015). Pathophysiology of inner ear decompression sickness: potential role of the persistent foramen ovale. *Diving and hyperbaric medicine*, 45(2), 105–110.

10. Capuano, L., Cavaliere, M., Lopardo, D., Parente, G., Damiano, A., Perone, R., Marino, A., Bottiglieri, P., & Iemma, M. (2019). Right-to-left shunt and idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Acta otorhinolaryngologica Italica : organo ufficiale della Societa italiana di otorinolaringologia e chirurgia cervico-facciale*, 39(2), 103–106. <https://doi.org/10.14639/0392-100X-1796>
11. 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>
12. <https://www.padi.com/sites/default/files/documents/2025-02/PADI%20Worldwide%20Corporate%20Statistics%20%281%29.pdf>
13. Lindfors, O. H., Räisänen-Sokolowski, A. K., Hirvonen, T. P., & Sinkkonen, S. T. (2021). Inner ear barotrauma and inner ear decompression sickness: a systematic review on differential diagnostics. *Diving and hyperbaric medicine*, 51(4), 328–337. <https://doi.org/10.28920/dhm51.4.328-337>
14. Pierce, N. E., Parell, G. J., Jesus, R. O., Ojano-Dirain, C. P., & Antonelli, P. J. (2016). Magnetic resonance imaging in a guinea pig model of inner ear decompression sickness and barotrauma. *The Laryngoscope*, 126(9), 2106–2109. <https://doi.org/10.1002/lary.25811>
15. Nieman, C. L., & Oh, E. S. (2020). Hearing Loss. *Annals of internal medicine*, 173(11), ITC81–ITC96. <https://doi.org/10.7326/AITC202012010>
16. Cavaliere, M., De Luca, P., Scarpa, A., Ralli, M., Bottiglieri, P., Cassandro, E., & Iemma, M. (2020). SCORE risk scale as a prognostic factor after sudden sensorineural hearing loss. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 277(3), 953–954. <https://doi.org/10.1007/s00405-019-05771-4>
17. He, J. C., Zheng, J. Y., Li, X., Yang, Y., Zhang, B. Y., Chen, Y., Li, X. F., Liu, Y. M., Cao, Y., Zhao, L., & Li, T. C. (2017). Transthoracic contrast echocardiography using vitamin B6 and sodium bicarbonate as contrast agents for

the diagnosis of patent foramen ovale. *The international journal of cardiovascular imaging*, 33(8), 1125–1131. <https://doi.org/10.1007/s10554-017-1088-0>

18. Paciaroni, M., Agnelli, G., Bertolini, A., Pezzini, A., Padovani, A., Caso, V., Venti, M., Alberti, A., Palmiero, R. A., Cerrato, P., Silvestrelli, G., Lanari, A., Previdi, P., Corea, F., Balducci, A., Ferri, R., Falcinelli, F., Filippucci, E., Chiocchi, P., Grandi, F. C., ... FORI (Foramen Ovale Registro Italiano) Investigators (2011). Risk of recurrent cerebrovascular events in patients with cryptogenic stroke or transient ischemic attack and patent foramen ovale: the FORI (Foramen Ovale Registro Italiano) study. *Cerebrovascular diseases (Basel, Switzerland)*, 31(2), 109–116. <https://doi.org/10.1159/000321334>
19. Ciorba A, Corazzi V, Cerritelli L, Bianchini C, Scanelli G, Aimoni C. Patent Foramen Ovale as Possible Cause of Sudden Sensorineural Hearing Loss: A Case Report. *Med Princ Pract*. 2017;26(5):491-494. doi: 10.1159/000484247. Epub 2017 Oct 16. PMID: 29035892; PMCID: PMC5757538
20. Shopov NG. Study of the changes in respiratory function in self-contained underwater breathing apparatus divers. *Int Marit Health*. 2019;70(1):61-64;
21. Korzeniewski K. (2020). Extreme traveler. *International maritime health*, 71(4), 281–290. <https://doi.org/10.5603/IMH.2020.0048>
22. Schagatay E. (2011). Predicting performance in competitive apnea diving. Part III: deep diving. *Diving and hyperbaric medicine*, 41(4), 216–228.
23. Mitchell, S. J., & Doolette, D. J. (2013). Recreational technical diving part 1: an introduction to technical diving methods and activities. *Diving and hyperbaric medicine*, 43(2), 86–93.
24. Doolette, D. J., & Mitchell, S. J. (2013). Recreational technical diving part 2: decompression from deep technical dives. *Diving and hyperbaric medicine*, 43(2), 96–104.
25. Gouin, E., Blatteau, J. E., Dugrenot, E., Guerrero, F., Gardette, B., & Under The Pole Consortium, O. B. O. (2023). Scientific shallow saturation dive expedition using diving rebreathers and a specific dry habitat: medical management of the "Capsule" programme. *International maritime health*, 74(1), 36–44.

<https://doi.org/10.5603/IMH.2023.0004>

26. Petri N. M. (2000). Recreational diving--an overview of selected medical aspects. *International maritime health*, 51(1-4), 73–80.
27. Orton J. (1989). Medical problems of recreational diving. *Australian family physician*, 18(6), 674–685.
28. Potts, L., Buzzacott, P., & Denoble, P. (2016). Thirty years of American cave diving fatalities. *Diving and hyperbaric medicine*, 46(3), 150–154.
29. Hart, A. J., White, S. A., Conboy, P. J., Bodiwala, G., & Quinton, D. (1999). Open water scuba diving accidents at Leicester: five years' experience. *Journal of accident & emergency medicine*, 16(3), 198–200.
<https://doi.org/10.1136/emj.16.3.198>
30. Walker, III, J. R., & Murphy-Lavoie, H. M. (2023). Diving Rebreathers. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
31. Ljubkovic, M., Dujic, Z., Møllerlækken, A., Bakovic, D., Obad, A., Breskovic, T., & Brubakk, A. O. (2011). Venous and arterial bubbles at rest after no-decompression air dives. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(6), 990–995. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820618d3>
32. Mitchell S. J. (2024). Decompression illness: a comprehensive overview. *Diving and hyperbaric medicine*, 54(1Suppl), 1–53.
<https://doi.org/10.28920/dhm54.1.suppl.1-53>
33. Vann, R. D., Butler, F. K., Mitchell, S. J., & Moon, R. E. (2011). Decompression illness. *Lancet (London, England)*, 377(9760), 153–164.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61085-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61085-9)
34. Boyd, K. L., & Wray, A. A. (2023). Inner Ear Decompression Sickness. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
35. Rozycki, S. W., Brown, M. J., & Camacho, M. (2018). Inner ear barotrauma in divers: an evidence-based tool for evaluation and treatment. *Diving and hyperbaric medicine*, 48(3), 186–193. <https://doi.org/10.28920/dhm48.3.186-193>
36. Lindfors, O. H., Räisänen-Sokolowski, A. K., Hirvonen, T. P., & Sinkkonen, S. T. (2021). Inner ear barotrauma and inner ear decompression sickness: a

- systematic review on differential diagnostics. *Diving and hyperbaric medicine*, 51(4), 328–337. <https://doi.org/10.28920/dhm51.4.328-337>
37. Shupak, A., Gil, A., Nachum, Z., Miller, S., Gordon, C. R., & Tal, D. (2003). Inner ear decompression sickness and inner ear barotrauma in recreational divers: a long-term follow-up. *The Laryngoscope*, 113(12), 2141–2147. <https://doi.org/10.1097/00005537-200312000-00017>
38. Тріщинська М. А. Патогенетичні механізми сенсоневральної втрати слуху в пацієнтів з COVID-19 і методи їх корекції / М. А. Тріщинська, О. Є. Кононов // Міжнародний неврологічний журнал. - 2021. - Т. 17, № 7. - С. 20-26. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mnzh_2021_17_7_6.
39. Chandrasekhar, S. S., Tsai Do, B. S., Schwartz, S. R., Bontempo, L. J., Faucett, E. A., Finestone, S. A., Hollingsworth, D. B., Kelley, D. M., Kmucha, S. T., Moonis, G., Poling, G. L., Roberts, J. K., Stachler, R. J., Zeitler, D. M., Corrigan, M. D., Nnacheta, L. C., & Satterfield, L. (2019). Clinical Practice Guideline: Sudden Hearing Loss (Update). *Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 161(1_suppl), S1–S45. <https://doi.org/10.1177/0194599819859885>
40. Romano V, Gallinoro CM, Mottola R, Serio A, Di Meglio F, Castaldo C, Sirico F, Nurzynska D. Patent Foramen Ovale-A Not So Innocuous Septal Atrial Defect in Adults. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2021 May 25;8(6):60. doi: 10.3390/jcdd8060060. PMID: 34070460; PMCID: PMC8228640.
41. Homma, S.; Messé, S.R.; Rundek, T.; Sun, Y.-P.; Franke, J.; Davidson, K.; Sievert, H.; Sacco, R.L.; Di Tullio, M.R. Patent foramen ovale. *Nat. Rev. Dis. Primers* 2016, 2, 15086
42. Naqvi, N., McCarthy, K. P., & Ho, S. Y. (2018). Anatomy of the atrial septum and interatrial communications. *Journal of thoracic disease*, 10(Suppl 24), S2837–S2847. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.02.18>
43. Shah, A. H., Horlick, E. M., Kass, M., Carroll, J. D., & Krasuski, R. A. (2024). The pathophysiology of patent foramen ovale and its related complications. *American heart journal*, 277, 76–92.

<https://doi.org/10.1016/j.ahj.2024.08.001>

44. Esenwa, C., & Gutierrez, J. (2015). Secondary stroke prevention: challenges and solutions. *Vascular health and risk management*, 11, 437–450. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S63791>
45. Badea, R. Ș., Grecu, N., Ribigan, A. C., Antochi, F., Tiu, C., & Popescu, B. O. (2024). Headache patterns in patent foramen ovale patients: beyond migraine with aura. *Journal of neural transmission (Vienna, Austria : 1996)*, 131(7), 755–761. <https://doi.org/10.1007/s00702-024-02760-8>
46. Su, B. H., Peng, C. T., & Tsai, C. H. (2001). Persistent pulmonary hypertension of the newborn: echocardiographic assessment. *Acta paediatrica Taiwanica = Taiwan er ke yi xue hui za zhi*, 42(4), 218–223.
47. Homma, S.; Messé, S.R.; Rundek, T.; Sun, Y.-P.; Franke, J.; Davidson, K.; Sievert, H.; Sacco, R.L.; Di Tullio, M.R. Patent foramen ovale. *Nat. Rev. Dis. Primers* 2016, 2, 15086
48. Vizzari, G., Pizzino, F., Zwicke, D., Tajik, A. J., Carerj, S., Di Bella, G., Micari, A., Khandheria, B. K., & Zito, C. (2021). Patent foramen ovale: anatomical complexity and long-tunnel morphology related issues. *American journal of cardiovascular disease*, 11(3), 316–329.
49. Gonnah, A. R., Bharadwaj, M. S., Nassar, H., Abdelaziz, H. K., & Roberts, D. H. (2022). Patent foramen ovale: diagnostic evaluation and the role of device closure. *Clinical medicine (London, England)*, 22(5), 441–448. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2022-0040>
50. Larsen, L. A., & Hitz, M. P. (2024). Human Genetics of Atrial Septal Defect. *Advances in experimental medicine and biology*, 1441, 467–480. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44087-8_24
51. Takaya, Y., Watanabe, N., Ikeda, M., Akagi, T., Nakayama, R., Nakagawa, K., Toh, N., & Ito, H. (2020). Importance of Abdominal Compression Valsalva Maneuver and Microbubble Grading in Contrast Transthoracic Echocardiography for Detecting Patent Foramen Ovale. *Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of*

Echocardiography, 33(2), 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2019.09.018>

52. Lee, P. H., Song, J. K., Kim, J. S., Heo, R., Lee, S., Kim, D. H., Song, J. M., Kang, D. H., Kwon, S. U., Kang, D. W., Lee, D., Kwon, H. S., Yun, S. C., Sun, B. J., Park, J. H., Lee, J. H., Jeong, H. S., Song, H. J., Kim, J., & Park, S. J. (2018). Cryptogenic Stroke and High-Risk Patent Foramen Ovale: The DEFENSE-PFO Trial. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(20), 2335–2342. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.02.046>

53. Caso, V., Turc, G., Abdul-Rahim, A. H., Castro, P., Hussain, S., Lal, A., Mattle, H., Korompoki, E., Søndergaard, L., Toni, D., Walter, S., & Pristipino, C. (2024). European Stroke Organisation (ESO) Guidelines on the diagnosis and management of patent foramen ovale (PFO) after stroke. *European stroke journal*, 9(4), 800–834. <https://doi.org/10.1177/23969873241247978>

54. Mojadidi, M. K., Zaman, M. O., Elgendy, I. Y., Mahmoud, A. N., Patel, N. K., Agarwal, N., Tobis, J. M., & Meier, B. (2018). Cryptogenic Stroke and Patent Foramen Ovale. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(9), 1035–1043. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.12.059>

55. Toney, C. M., Games, K. E., Winkelmann, Z. K., & Eberman, L. E. (2016). Using Tuning-Fork Tests in Diagnosing Fractures. *Journal of athletic training*, 51(6), 498–499. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.7.06>

56. Pedersen CC, Pedersen ER, Laugesen S, Sanchez-Lopez R, Nielsen J, Sørensen CB, Sidiras C, Pedersen RG, Schmidt JH. 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*. 2023 Mar 2;13(3):e065777. doi: 10.1136/bmjopen-2022-065777. PMID: 36863737; PMCID: PMC9990669

57. Hoppe, U., & Hast, A. (2017). Sprachaudiometrie bei der Indikation von Hörhilfen und Hörimplantaten [Speech audiometry for indication of conventional and implantable hearing aids]. *HNO*, 65(3), 195–202. <https://doi.org/10.1007/s00106-016-0291-y>

58. Toner, J. G., & Mains, B. (1990). Pneumatic otoscopy and tympanometry in

the detection of middle ear effusion. *Clinical otolaryngology and allied sciences*, 15(2), 121–123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2273.1990.tb00443.x>

59. Yuan, H., Ma, P. W., Chen, J. W., Wang, W. L., Gao, W., Lu, P. H., Ding, X. R., Lun, Y. Q., & Lu, L. J. (2023). Development of an audiological assessment and diagnostic model for high occupational noise exposure. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 280(6), 2763–2772. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07787-9>

60. Лазоришинець, В. В., Коваленко, В. М., Поташев, С. В., Федьків, С. В., Руденко, А. В., Вітовський, Р. М., Сичов, С. О., Іванів, Ю. А., Крикунов, О. А., Мазур, О. А., Груб'як, Л. М., Руснак, А. О., Осовська, Н. Ю., Деяк, С. І., Верич, Н. М., & Бешляга, В. М. (2020). *Ехокардіографічна кількісна оцінка камер серця у дорослих: Практичні рекомендації Асоціації серцево-судинних хірургів України та Українського товариства кардіологів*. https://amosovinstitute.org.ua/wp-content/uploads/2018/11/Onovleni-Rekomendatsiyi-ASSH-Ukrayini-z-EhoKG-kilkisnoyi-otsinki-kamersertsya_2020_FULL.pdf

61. Shopov NG. Study of the changes in respiratory function in self-contained underwater breathing apparatus divers. *Int Marit Health*. 2019;70(1):61-64;

62. Raymond KA, Cooper JS. Scuba Diving Physiology. 2022 Oct 10. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–. PMID: 28722867.

63. Blake DF, Crowe M, Mitchell SJ, Aitken P, Pollock NW. Vibration and bubbles: a systematic review of the effects of helicopter retrieval on injured divers. *Diving Hyperb Med*. 2018 Dec 24;48(4):235-240.

64. Buzzacott PL. The epidemiology of injury in scuba diving. *Med Sport Sci*. 2012;58:57-79. doi: 10.1159/000338582. Epub 2012 Jul 18. PMID: 22824839

65. 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, 48(4), 218–223.
<https://doi.org/10.28920/dhm48.4.218-222>
66. 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 = Le Journal d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale*, 38(1), 67–76.
67. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Дослідження стану слухової системи у осіб, що зазнали впливу підвищеного гідростатичного тиску. *ScienceRice: Medical Science*. 2024; 4(61)
68. Римар Н.В. Таблиці слів для мовної аудіометрії українською мовою. *Журн. вушних, носових і горлових хвороб*. 2002;(3):72-75.
69. Заболотний ДІ, Луценко ВІ, Белякова ІА, Світлична ЄІ, Берестова АА, Холоденко ТЮ, Градюк МН. Розробка тестів для визначення розбірливості мови у дітей українською мовою (етап формування груп слів). *Оториноларингологія*;3(4):50-54.
70. Wilson, R. H. (2003). Development of a speech in multi-talker babble paradigm to assess word-recognition performance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 14(9), 453-470.
71. Carhart, R. (1971). Observations on relations between thresholds for pure tones and for speech. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14(4), 725-730.
72. Thornton, A. R., & Raffin, M. J. (1978). Speech-discrimination scores modeled as a binomial variable. *Journal of Speech and Hearing Research*, 21(3), 507-518.
73. Kramer, S. E., Kapteyn, T. S., & Houtgast, T. (2014). Occupational performance: Comparing normally-hearing and hearing-impaired employees using the Amsterdam Checklist for Hearing and Work. *International Journal of Audiology*, 55(8), 389-400.

74. Ю.В. Дєєва, І.А. Бєлякова, А.А. Берестова, Т.Ю. Холоденко, Н.М. Градюк Розробка мовного тесту односкладових слів українською мовою. *Оториноларингологія*, №1(7), 2024 С. 61–65.
75. Zhao, F., & Mayr, R. (2021). Pure tone audiometry and speech audiometry. In *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 444-460). Routledge.
76. British Society of Audiology (BSA). (2022). *Speech Audiometry Protocols*. BSA
77. Na W, Kim G, Kim G, Han W, Kim J. Effects of hearing loss on speech recognition under distracting conditions and working memory in the elderly. *Clin Interv Aging*. 2017;12:1175-1181
78. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Апробація мовного тесту односкладових слів українською мовою в оториноларингологічній та сурдологічній практиці. *Оториноларингологія*. 2024;
79. Bondarenko Ya. (2024). Результати мовної аудіометрії з використанням мовних тестів у дайверів. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal (SUPPLEMENT)*, 151(4), 201. <https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.4.2024>
80. Krishnamoorthy, V. K., Sengupta, P. P., Gentile, F., & Khandheria, B. K. (2007). History of echocardiography and its future applications in medicine. *Critical care medicine*, 35(8 Suppl), S309–S313. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000270240.97375.DE>
81. Cavaliere, M., De Luca, P., Scarpa, A., Ralli, M., Bottiglieri, P., Cassandro, E., & Iemma, M. (2020). SCORE risk scale as a prognostic factor after sudden sensorineural hearing loss. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 277(3), 953–954. <https://doi.org/10.1007/s00405-019-05771-4>
82. He, J. C., Zheng, J. Y., Li, X., Yang, Y., Zhang, B. Y., Chen, Y., Li, X. F., Liu, Y. M., Cao, Y., Zhao, L., & Li, T. C. (2017). Transthoracic contrast echocardiography using vitamin B6 and sodium bicarbonate as contrast agents for

- the diagnosis of patent foramen ovale. *The international journal of cardiovascular imaging*, 33(8), 1125–1131. <https://doi.org/10.1007/s10554-017-1088-0>
83. Бондаренко Я.В., Дєєва Ю.В. Патолофізіологічні механізми розвитку порушень слуху у дайверів. *Клінічна та профілактична медицина*, 2025, випуск 2 (40). <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2025.12>.
84. Srinoon, S., Morioka, I., Lormphongs, S., Boonsing, S., & Kaewboonchoo, O. (2019). Risk Factors of Hearing Loss Among Thai Naval Divers. *Asia-Pacific journal of public health*, 31(3), 219–226. <https://doi.org/10.1177/1010539519839816>
85. Epstein, S., & Reilly, J. S. (1989). Sensorineural hearing loss. *Pediatric clinics of North America*, 36(6), 1501–1520. [https://doi.org/10.1016/s0031-3955\(16\)36803-1](https://doi.org/10.1016/s0031-3955(16)36803-1)
86. Boässon, M. P., Rienks, R., van der Ven, A., & van Hulst, R. A. (2019). Arrhythmogenicity of scuba diving: Holter monitoring in a hyperbaric environment. *Undersea & hyperbaric medicine : journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc*, 46(4), 421–427.
87. Henckes, A., Cochard, G., Gatineau, F., Louge, P., Gempp, E., Demaistre, S., Nowak, E., & Ozier, Y. (2019). Risk factors for immersion pulmonary edema in recreational scuba divers: a case-control study. *Undersea & hyperbaric medicine : journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc*, 46(5), 611–618.
88. Duperrex-Fabrizio, J., Berney, J. Y., Louge, P., & Pechère-Bertschi, A. (2022). Hypertension artérielle et plongée sous-marine [Hypertension and SCUBA diving]. *Revue medicale suisse*, 18(795), 1717–1720. <https://doi.org/10.53738/REVMED.2022.18.795.1717>
89. Schipke, J. D., Lemaitre, F., Cleveland, S., & Tetzlaff, K. (2019). Effects of Breath-Hold Deep Diving on the Pulmonary System. *Respiration; international review of thoracic diseases*, 97(5), 476–483. <https://doi.org/10.1159/000495757>
90. Guerrero, F., Lambrechts, K., Wang, Q., Mazur, A., Théron, M., & Marroni, A. (2020). Endothelial function may be enhanced in the cutaneous microcirculation after a single air dive. *Diving and hyperbaric medicine*, 50(3), 214–219.

<https://doi.org/10.28920/dhm50.3.214-219>

91. Apostolos, A., Drakopoulou, M., Trantalis, G., Synetos, A., Oikonomou, G., Karapanayiotides, T., Tsioufis, C., & Toutouzas, K. (2022). The management of patent foramen ovale in divers: where do we stand?. *Therapeutic advances in neurological disorders*, 15, 17562864221103459.

<https://doi.org/10.1177/17562864221103459>

92. Shi L. F. (2014). Validating models of clinical word recognition tests for spanish/english bilinguals. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 57(5), 1896–1907. https://doi.org/10.1044/2014_JSLHR-H-13-0138

93. Lor, M., O'Donnell, E., Brown, R., Mravec, A. E., & Misurelli, S. M. (2024). Evaluating Hearing Status and Word Recognition Ability in the Hmong Population Using Four Validated Monosyllabic White Hmong Dialect Word Recognition Tests. *American journal of audiology*, 33(2), 311–320.

https://doi.org/10.1044/2024_AJA-23-00192

94. Doolette, D. J., & Mitchell, S. J. (2022). Extended lifetimes of bubbles at hyperbaric pressure may contribute to inner ear decompression sickness during saturation diving. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 133(3), 517–523. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00121.2022>

95. Moon, R. E., Camporesi, E. M., & Kisslo, J. A. (1989). Patent foramen ovale and decompression sickness in divers. *The Lancet*, 1(8637), 513–514. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(89\)90064-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(89)90064-0)

96. Stachler, R. J., Chandrasekhar, S. S., Archer, S. M., Rosenfeld, R. M., Schwartz, S. R., Barrs, D. M., Brown, S. R., Fife, T. D., Ford, P., Ganiats, T. G., Hollingsworth, D. B., Lewandowski, C. A., Montano, J. J., Saunders, J. E., Tucci, D. L., Valente, M., Warren, B. E., Yaremchuk, K. L., Robertson, P. J., & American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery (2012). Clinical practice guideline: sudden hearing loss. *Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 146(3 Suppl), S1–S35. <https://doi.org/10.1177/0194599812436449>

97. Klingmann, C., Benton, P. J., Ringleb, P. A., & Knauth, M. (2003). Embolic inner ear decompression illness: correlation with a right-to-left shunt. *The Laryngoscope*, 113(8), 1356–1361. <https://doi.org/10.1097/00005537-200308000-00017>
98. Mahoney, C. F., & Kemp, D. T. (1995). Distortion product otoacoustic emission delay measurement in human ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(6), 3721–3735. <https://doi.org/10.1121/1.412994>
99. Shi X. (2011). Physiopathology of the cochlear microcirculation. *Hearing research*, 282(1-2), 10–24. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2011.08.006>
100. Nakashima, T., Naganawa, S., Sone, M., Tominaga, M., Hayashi, H., Yamamoto, H., Liu, X., & Nuttall, A. L. (2003). Disorders of cochlear blood flow. *Brain research. Brain research reviews*, 43(1), 17–28. [https://doi.org/10.1016/s0165-0173\(03\)00189-9](https://doi.org/10.1016/s0165-0173(03)00189-9)
101. Prieve, B. A., Thomas, L., Long, G., & Talmadge, C. (2020). Observations of Distortion Product Otoacoustic Emission Components in Adults With Hearing Loss. *Ear and hearing*, 41(3), 652–662. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000792>

Додаток 1. Розподіл груп односкладових слів.

№	Група 1	Група 2	Група 3	Група 4	Група 5	Група 6
1.	Дім	Йод	Пар	Грім	Лід	Кліщ
2.	Віл	Суд	Бор	Жмут	Мур	Шпак
3.	Лаз	Лорд	Мур	Жук	Йод	Лист
4.	Гай	Краб	Рак	Сказ	Зір	Злак
5.	Лев	Дар	Бруд	Дзвін	Суд	Пульт
6.	Лавр	Пар	Грім	Дуб	Лист	Клуб
7.	Віз	Бор	Жмут	Злак	Пар	Газ
8.	Вуж	Мур	Жук	Знак	Кіт	Сіль
9.	Кліщ	Рак	Сказ	Жар	Горб	Жмут
10.	Сир	Бруд	Дзвін	Віск	Клин	Полк
11.	Лист	Грім	Біг	Стик	Дріт	Жар
12.	Тріск	Жмут	Злак	Стук	Сад	Сказ
13.	Сік	Жук	Зуб	Сіль	Мед	Дзвін
14.	День	Сказ	Жар	Скат	Бик	Хліб
15.	Ліфт	Дзвін	Віск	Стіл	Герб	Скат
16.	Бунт	Куб	Стик	Стовп	Тріск	Шлях
17.	Бук	Злак	Стук	Стяг	Дар	Спорт

18.	Бур	Знак	Сіль	Пункт	Рід	Віл
19.	Бак	Жар	Скат	Пульт	Хліб	Віск
20.	Зір	Віск	Стіл	Хміль	Корт	Кріп
21.	Крок	Стик	Стовп	Плід	Люд	Стук
22.	Рід	Стук	Спорт	Тріск	Ліфт	Стіл
23.	Горб	Сіль	Пункт	Шлях	Кут	Тріск
24.	Дріт	Скат	Пульт	Шпак	Сік	Лавр
25.	Герб	Стіл	Хміль	Полк	Лак	Пункт
26.	Корт	Стовп	Плід	Газ	Стан	Жук
27.	Лоб	Спорт	Хвіст	Віл	Рак	Стан
28.	Вік	Пункт	Шлях	Лаз	Вік	Сніг
29.	Бик	Пульт	Шпак	Гай	Бор	Плід
30.	Лак	Хміль	Полк	Лев	Мак	Шпак
31.	Кіт	Плід	Газ	Лавр	Крок	Гай
32.	Кут	Тріск	Віл	Віз	Дно	Бруд
33.	Кат	Шпак	Гай	Кліщ	Грім	Корт
34.	Мед	Полк	Лев	Сир	Дід	Сіль
35.	Сад	Трон	Лавр	Лист	Бук	Дріб
36.	Люд	Віл	Ріг	Сніг	Бур	Кліщ

37.	Лід	Лаз	Вуж	Ком	Чай	Грім
38.	Дно	Гай	Кліщ	Чай	Бак	Чай
39.	Дід	Лев	Сир	Ліфт	Бунт	Бук
40.	Лан	Гам	Син	Сум	План	Мур

Додаток А. Список публікацій здобувача за темою дисертації

1. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Апробація мовного тесту односкладових слів українською мовою в оториноларингологічній та сурдологічній практиці. *Оториноларингологія*. 2024 №4-6(7), 2024 27-36с;
2. Дєєва Ю.В., Бондаренко Я.В. Дослідження стану слухової системи у осіб, що зазнали впливу підвищеного гідростатичного тиску. *ScienceRice: Medical Science* 2024. 4(61) 29-35
<https://doi.org/10.15587/2519-4798.2024.323704>;
3. Бондаренко Я.В., Дєєва Ю.В. Патофізіологічні механізми розвитку порушень слуху у дайверів. *Клінічна та профілактична медицина*, 2025, випуск 2 (40). <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2025.12>.
4. Bondarenko Ya. (2024). Результати мовної аудіометрії з використанням мовних тестів у дайверів. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal (SUPPLEMENT)*, 151(4), 201.
<https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.4.2024> (Тезисні матеріали конференції)

Додаток Б. Апробація дисертації.

1. ЩОРІЧНА МЕДИЧНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, 22 листопада 2024, Київ (Форма участі: усна доповідь та апробація за матеріалами дисертаційної роботи, та публікація тез).
2. Міжнародний конгрес «Оториноларингологія. Досвід, надбання, перспективи», 22-23 жовтня 2021, Київ (Форма участі: усна доповідь та апробація за матеріалами дисертаційної роботи).