

УДК 616.833.18:616.28-008.1]-02-036-07

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0713.21.8.2025.1226>Дубенко О.Є.¹ , Шило К.О.¹ , Тарасова О.І.², Нессонова М.М.³ ¹Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна²Харківська клінічна лікарня на залізничному транспорті № 1 філії «Центр охорони здоров'я» акціонерного товариства «Українська залізниця», м. Харків, Україна³ПВНЗ «Харківський міжнародний медичний університет», м. Харків, Україна

Особливості порушення слуху та слухових викликаних потенціалів при сенсоневральній приглухуватості різної етіології

For citation: International Neurological Journal (Ukraine).2025;21(8):586-593. doi: 10.22141/2224-0713.21.8.2025.1226

Резюме. Актуальність. Етіологія сенсоневральної втрати слуху є мультифакторіальною, але висока частота збройних конфліктів у світі і війна в Україні, що триває, призводять до підвищення частоти сенсоневральної приглухуватості внаслідок акубаротравми під впливом вогнепальної зброї чи вибухів. **Мета:** дослідити особливості порушення слухової функції у пацієнтів із сенсоневральною приглухуватістю різної етіології з використанням методу коротколатентних слухових викликаних потенціалів. **Матеріали та методи.** Обстежено 100 пацієнтів за період з червня 2023 по червень 2025 р., середнім віком $49,60 \pm 1,59$ року, з переважанням чоловіків (71 vs 29 %). Сенсоневральна приглухуватість у 52 була обумовлена акубаротравмою, у 48 — судинними причинами. Гострий початок визначався у 60 %, хронічна форма — у 40 %, випадки гострого початку і хронічного перебігу між групами з акубаротравмою і судинними причинами порушень слуху були розподілені рівномірно. Пацієнти пройшли повне неврологічне, соматичне обстеження, отоневрологічне обстеження, консультацію сурдолога, аудіометрію, нейровізуалізацію головного мозку, ультразвукове дослідження магістральних судин ший та дослідження коротколатентних слухових викликаних потенціалів. Кондуктивні причини приглухуватості були виключені. **Результати.** При аналізі скарг та симптомів встановлено, що найчастішими скаргами при усіх формах були зниження слуху та шум у вухах, утім, запаморочення більш притаманне гострому початку захворювання, ніж хронічним формам, блювання спостерігалось лише при гострому початку, хиткість при ходьбі частіше спостерігалась при судинних причинах зниження слуху. При судинних причинах порушень слуху спостерігалось значущо більше зниження порогів слуху порівняно з акубаротравмою. При дослідженні коротколатентних слухових викликаних потенціалів при гострій сенсоневральній втраті слуху діагностичне значення мали міжшпикові інтервали I–III та I–V, що свідчить про генералізоване порушення по всьому стовбуровому слуховому шляху. **Висновки.** Дослідження коротколатентних слухових викликаних потенціалів допомагає визначати ступінь порушення слуху і об'єктивізувати диференційну діагностику наявності та відсутності слухових розладів.

Ключові слова: сенсоневральна втрата слуху; акубаротравма; судинні захворювання; коротколатентні слухові викликані потенціали; діагностика

Вступ

Сенсоневральна приглухуватість (СНП) — це порушення функцій звукосприйняття, яке відображає ураження слухового аналізатора на ділянці від рецептора до слухової зони кори головного мозку, що при-

зводить до труднощів у розумінні мови та інших звуків, знижує комунікативну адаптацію людини в суспільстві. СНП — це поліетіологічне захворювання зі складним патогенезом. Більшість досліджень ураження внутрішнього вуха з розвитком СНП унаслідок баротравми

 © 2025. The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY, which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Для кореспонденції: Шило Кирило Олександрович, аспірант кафедри неврології та дитячої неврології, Харківський національний медичний університет, просп. Науки, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: shylokirill92@gmail.com

For correspondence: Kyryll Shylo, PhD-student, Department of Neurology and Child Neurology, Kharkiv National Medical University, Nauky ave., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine; e-mail: shylokirill92@gmail.com

Full list of authors information is available at the end of the article.

присвячені причинам, які виникають у мирному житті, найпоширенішими є ускладнення підводного плавання з аквалангом, комерційного дайвінгу та клінічної гіпербаричної кисневої терапії [1]. Висока частота збройних конфліктів у світі, зокрема війна в Україні, що триває, призводять до підвищення СНП унаслідок акубаротравми під впливом вогнепальної зброї чи вибухів. Визначається високий відсоток пошкодження вибуховою хвилею слухового аналізатора як у комбатантів, так і у цивільних; сенсоневральні пошкодження органів слуху внаслідок акубаротравми впливають на якість життя і можуть призводити до інвалідизації [2]. У військовослужбовців після вибухової травми спостерігалась втрата слуху на всіх тестових частотах [3, 4]. Слухові викликані потенціали стовбура мозку, або коротколатентні слухові викликані потенціали (КСВП), — це нейрофізіологічний тест, за допомогою якого біоелектричні реакції, що викликаються в слуховій системі, передаються від завиткового нерва до стовбура мозку після пред'явлення тимчасового акустичного стимулу. Потенціал слухової реакції стовбура мозку важливий для аудіологічної діагностики, оскільки відображає цілісність структур слухової системи до стовбура мозку. Клінічне застосування КСВП включає ідентифікацію місця ураження при ретрокохлеарній втраті слуху, встановлення функціональної цілісності слухового нерва та об'єктивну аудіометрію, є ефективним методом оцінки порогів слуху та рівня ураження слухового аналізатора [5, 6].

Мета дослідження: дослідити особливості порушення слухової функції у пацієнтів з сенсоневральною приглухуватістю різної етіології з використанням методу КСВП.

Матеріали та методи

У дослідження було включено 100 пацієнтів, які проходили стаціонарне лікування в КНП «Міська багатопрофільна клінічна лікарня № 30» ХМР у період з червня 2023 по червень 2025 р. Середній вік досліджених становив $49,60 \pm 1,59$ року (95% ДІ = 46,44; 52,76 року); медіанний вік 48 років з міжквартильним інтервалом [38; 64,5] року. За статтю вибірка була неоднорідною, з переважанням пацієнтів чоловічої статі (71 vs 29 %: $Z = 5,9$, $p < 0,0001$).

Серед досліджених у рівних пропорціях були представлені пацієнти з різними причинами порушень слуху ($Z = 0,6$, $p = 0,2858 > 0,05$): у 52 — акубаротравма, у 48 пацієнтів проблеми зі слухом були обумовлені судинними причинами. Початок у більшості (60 %) був гострим (60 vs 40 %: $Z = 2,8$, $p = 0,0023 < 0,05$), однак випадки гострого початку і хронічного перебігу між групами з акубаротравмою і судинними причинами порушень слуху були розподілені рівномірно ($\chi^2 = 0,015$, $p = 0,9024456 > 0,05$).

Усі пацієнти пройшли повне неврологічне і соматичне обстеження, отоневрологічне обстеження, консультацію сурдолога, аудіометрію, нейровізуалізацію головного мозку за допомогою КТ або МРТ, ультразвукове дослідження магістральних судин шиї. Кондуктивні причини приглухуватості були виключені. КСВП

виконували за допомогою електрофізіологічного комплексу «Нейро-МВП-4» (виробництва «Нейрософт»), який забезпечує можливість реєстрації коротколатентних, середньо- та довголатентних викликаних потенціалів. Слухову стимуляцію здійснювали за допомогою коротких клацань (click) тривалістю 100 мкс, поданих через вставні навушники з частотою 10–20 Гц. Інтенсивність стимулу становила 80–120 дБ нормалізованого порога сприйняття. Для запобігання міжвушному впливу у протилежне вухо подавали маскуючий шум інтенсивністю на 30–40 дБ нижче від рівня стимулу.

Кожне вухо досліджувалось окремо. Реєстрація здійснювалася при усередненні 1000–2000 викликаних відповідей, що дозволяло підвищити відношення сигнал/шум і виділити типову форму потенціалу.

Частотний діапазон фільтрації сигналу встановлювали у межах 100–3000 Гц. Тривалість аналізу становила 10–15 мс після подачі стимулу. Запис викликаних потенціалів здійснювали послідовно на кожне вухо.

У дослідженні фіксували піки I–V, що відображають послідовне проходження імпульсу слуховим шляхом і мають такі джерела походження:

- пік I — дистальна частина слухового нерва (по близу внутрішнього вуха);
- пік II — проксимальна частина слухового нерва, ближче до входу у стовбур мозку;
- пік III — кохлеарне ядро в довгастому мозку;
- пік IV — верхня олива (trapezoid body, nucleus of superior olivary complex);
- пік V — латеральна петля і нижні горби чотиригорбкової пластинки (inferior colliculus) у середньому мозку.

Окрім амплітуд піків, фіксувалися латентності (час появи піків після стимулу) та міжпікові інтервали I–III, III–V та I–V, які є ключовими діагностичними показниками. Міжпікові інтервали (I–III, III–V, I–V) є більш стабільними й інформативними за абсолютні латентності. Якщо латентності показують швидкість проведення, то їхні співвідношення (інтервали між піками) допомагають локалізувати рівень ураження. При цьому подовження відносно норми інтервалу I–III вказує на патологію на ділянці від слухового нерва до нижніх відділів стовбура (довгастий мозок, кохлеарне ядро). Уповільнення на ділянці III–V свідчить про ураження середніх і/або верхніх відділів стовбура (pons, midbrain, латеральна петля, нижні горби). Збільшення інтервалу I–V свідчить про генералізоване уповільнення проведення по всьому стовбуровому слуховому шляху.

При виконанні дослідження дотримувались принципів Гельсінської декларації, прийнятої Генеральною асамблеєю Всесвітньої медичної асоціації (1964–2000 рр.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.), відповідних положень ВООЗ та законів України. Усі пацієнти підписали інформовану згоду на участь у дослідженні.

Статистичний аналіз даних проводився за довірчої ймовірності 95 %. Перевірку нормальності розподілу кількісних показників виконано за допомогою критерія Шапіро — Уїлка (Shapiro-Wilk). У випадку нор-

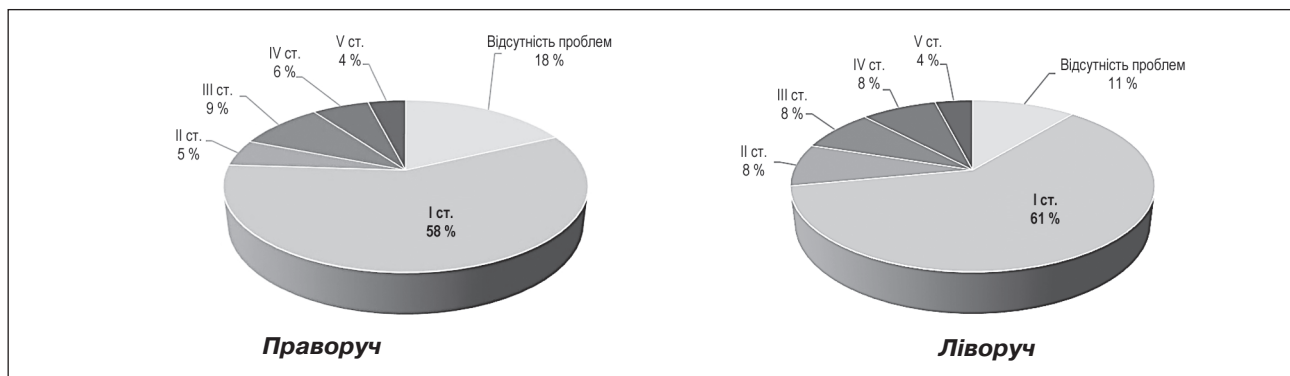


Рисунок 1. Розподіл випадків зниження слуху різного ступеня у дослідженій вибірці пацієнтів

мального розподілу для опису центральних тенденцій та відхилення від них застосовувалися середні значення і стандартні похибки середнього ($M \pm m$) та 95% довірчі інтервали для середнього (M (95% ДІ)); при скошених розподілах опис даних надавали за допомогою медіанних значень та міжквартильних інтервалів (Me [LQ; UQ]). Викиди визначалися на підставі критерію Тьюкі (Tukey) з коефіцієнтом 1,5. Для порівняння показників КСВП у двох групах залежно від причини розладів слуху використовували Т-критерій Стьюдента незалежних вибірок у силу того, що розподіли в цих групах були нормальними. Для міжгрупових порівнянь кількісних показників, які не мали нормального розподілу, застосовували критерій Манна — Уїтні (Mann-Whitney) у випадку двох порівнюваних незалежних груп та дисперсійний аналіз Краскела — Уолліса (Kruskal-Wallis) у випадку більше ніж двох груп (наприклад, при порів-

нянні показників КСВП залежно від тяжкості розладів слуху). При виявленні за критерієм Краскела — Уолліса значущих розбіжностей між значеннями показника в декількох групах дослідження для з'ясування того, між якими саме групами наявні значущі контрасти, проводили їх попарні порівняння за допомогою критерію Манна — Уїтні із застосуванням поправки Бонферроні на множинність. Для оцінювання діагностичної цінності/значущості показників КСВП для визначення наявності або відсутності й тяжкості розладів слуху проведено аналіз їх ROC-кривих. Побудовано і досліджено ROC-криві показників КСВП для двох завдань: 1) для відокремлення випадків відсутності розладів слуху від випадків наявних порушень слуху, 2) для диференціації найтяжчих слухових розладів (що відповідають п'ятому або четвертому ступеню втрати слуху) від решти. Діагностичну цінність/значущість показників оцінювали

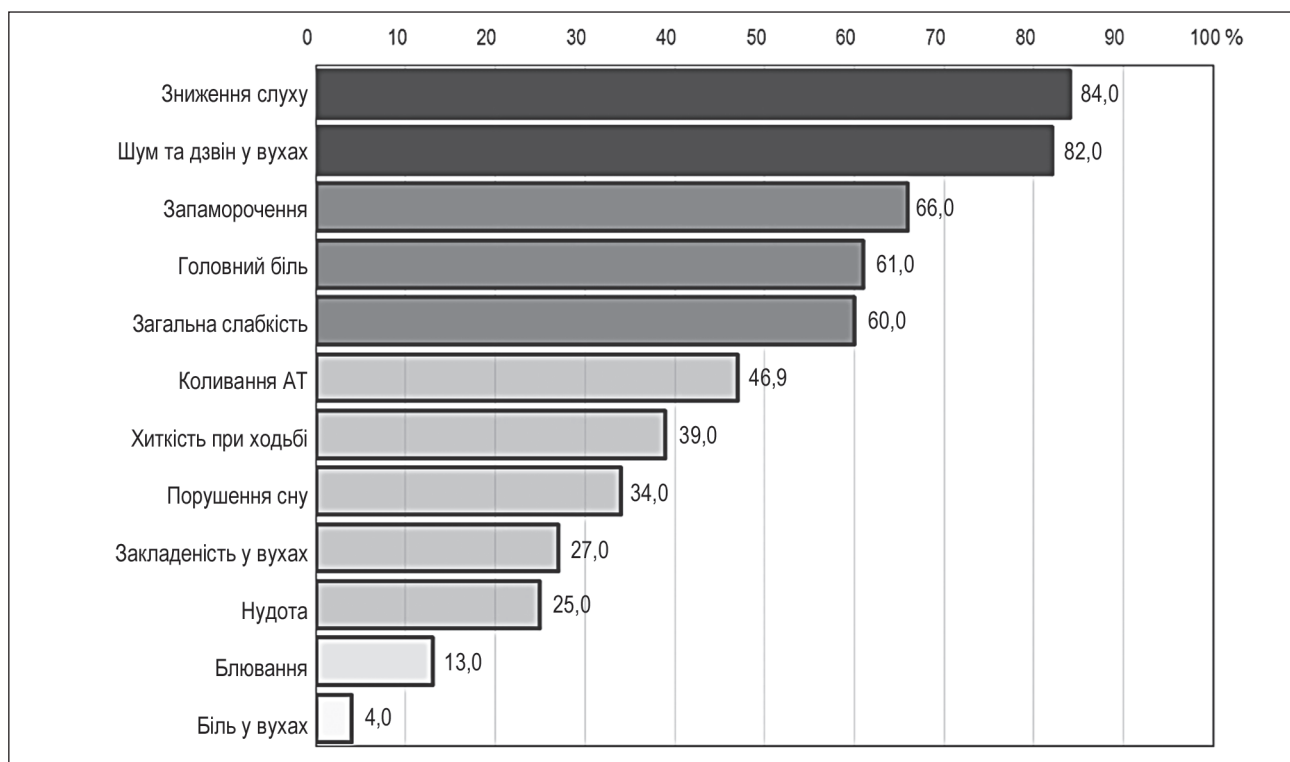


Рисунок 2. Поширеність різних симптомів (скарг) при СНП серед обстежених пацієнтів

на підставі площ під їх ROC-кривими (area under curve, AUC). Також на підставі ROC-аналізу визначали оптимальні порогові значення показників КСВП, за яких відбувається найкраще розрізнення класів. Як критерій оптимальності використовували вимогу одночасного досягнення максимально можливих специфічності та чутливості класифікації.

Переважну більшість процедур статистичного аналізу виконано засобами програмного пакета Statistica 13 (TIBCO Software Inc., USA), для деяких допоміжних обчислень користувалися табличним процесором MS Excel 2021 (Microsoft Corporation, USA), для проведення ROC-аналізу — вебзастосунком EasyROC 1.3.1 (Erciyes University, Turkey).

Результати та обговорення

Відповідно до висновку сурдолога у всіх досліджених встановлено СНП (в одному випадку — глухоту) та оцінено ступінь зниження слуху. У більшості (69 %) встановлено двобічну СНП (69 vs 31 %: $Z = 5,4$, $p < 0,0001$), серед решти випадки лівобічної та правобічної були представлені в однакових пропорціях (13 vs 18 %: $Z = 1,0$, $p = 0,1643 > 0,05$). Серед пацієнтів, у яких діагностовано зниження слуху, у переважній частині воно було I ступеня або спостерігалися його початкові прояви (рис. 1). Статистично значущої різниці між ступенем зниження слуху ліворуч та праворуч у загальній вибірці досліджених не встановлено ($p = 0,442119 > 0,05$).

За результатами обстеження пацієнтів оцінено поширеність різних симптомів (скарг), якими супроводжувалась СНП, найчастішими були скарги на зниження слуху, а також на шум і дзвін у вухах. Дещо менше поширеними були запаморочення, головний біль і загальна слабкість — у від 52 до 74 % пацієнтів. У значущо меншій частині (від 18 до 55 %) прояви СНП супроводжувалися коливаннями артеріального тиску, хиткістю при ходьбі, порушеннями сну, закладеністю у вухах

та/або нудотою. Одним з найменш поширених симптомів було блювання — у від 7,5 до 18,5 % пацієнтів, і ще значущо рідше (у 0,8–7,2 % випадків) фіксуються скарги на біль у вухах (рис. 2).

Також нами проаналізовано поширеність різних симптомів залежно від причини порушень слуху і від початку захворювання. Встановлено, що запаморочення більш притаманне гострому початку захворювання, ніж хронічним формам (оскільки фіксувалося у 76,7 % пацієнтів із гострим початком проти 50 % у групі з хронічною формою: $Z = 2,8$, $p = 0,0029 < 0,05$). Крім того, блювання ми спостерігали лише при гострому початку. Статистично значущий зв'язок із причиною порушень слуху встановлено для таких симптомів, як головний біль і загальна слабкість, які частіше спостерігалися при акубаротравмі, ніж при судинних причинах (головний біль у 80,77 % випадків проти 39,58 %: $Z = 4,2$, $p < 0,0001$; загальна слабкість у 80,77 % випадків проти 37,50 %: $Z = 4,4$, $p < 0,0001$). Натомість при судинних захворюваннях, що обумовлювали СНП, частіше, ніж при акубаротравмах, фіксувалися зниження слуху, коливання АТ і хиткість при ходьбі (коливання АТ у 93,62 % випадків проти 3,92 %: $Z = 8,9$, $p < 0,00001$; зниження слуху в 97,92 % випадків проти 71,15 %: $Z = 3,6$, $p = 0,0001 < 0,05$; хиткість при ходьбі у 56,25 % випадків проти 23,08 %: $Z = 3,4$, $p = 0,0003 < 0,05$).

Розподіл частоти різних факторів ризику у пацієнтів із СНП не залежав статистично значуще від типу початку захворювання. Утім, залежно від причини захворювання значущо варіювалася частота випадків гіпертонічної хвороби, ІХС і серцевої недостатності (табл. 1). Ці серцево-судинні фактори ризику значуще частіше спостерігалися при судинних причинах патології, ніж при акубаротравмах (гіпертонічна хвороба у третини пацієнтів із судинними причинами проти 2 % випадків при акубаротравмах: $Z = 4,2$, $p < 0,0001$; серцева недостатність у 27 % пацієнтів із судинними причинами проти відсутності її випадків при акубаротрав-

Таблиця 1. Частота зустрічальності різних факторів ризику серед пацієнтів із СНП залежно від причини порушень слуху

Фактор ризику	Судинна причина (n = 48)		Акубаротравма (n = 52)		Зв'язок із причиною*
	Абс.	% (95% ДІ)	Абс.	% (95% ДІ)	
Куріння	13	27,1 (16,53; 37,63)	19	36,5 (25,55; 47,52)	$\chi^2 = 0,637$, $p = 0,42481$
Гіпертонічна хвороба	16	33,3 (22,14; 44,53)	1	1,9 (-1,21; 5,06)	$\chi^2 = 15,2975$, $p = 0,00009$
Серцева недостатність	13	27,1 (16,53; 37,63)	0	0,0 (0,00; 0,00)	$\chi^2 = 13,882$, $p = 0,00019$
ІХС	12	25,0 (14,72; 35,28)	0	0,0 (0,00; 0,00)	$\chi^2 = 12,500$, $p = 0,00041$
Цукровий діабет	5	10,4 (3,16; 17,67)	0	0,0 (0,00; 0,00)	$\chi^2 = 3,7196$, $p = 0,05378$
Порушення серцевого ритму	3	6,25 (0,50; 12,00)	0	0,0 (0,00; 0,00)	$\chi^2 = 1,547$, $p = 0,21359$

Примітка: * — статистична значущість зв'язку наявності фактора ризику з причиною захворювання (використано критерій з поправкою Ейтса для двохдовгих таблиць спряженості).

мах: $Z = 4,0$, $p < 0,0001$; ішемічна хвороба серця у чверті пацієнтів із судинними причинами проти відсутності її випадків при акубаротравах: $Z = 3,8$, $p < 0,0001$).

При судинних причинах порушень слуху спостерігалося значущо більше зниження порогів слуху порівняно з акубаротравмою. Причому статистично значуща різниця підтверджувалася і зліва, і справа, як для усередненого зниження порогів слуху, так і для зниження порогів на низьких, середніх і високих частотах (табл. 2).

Розширене обстеження слуху методом КСВП було проведено 42 пацієнтам (30 чоловіків і 12 жінок, вік $49,6 \pm 2,3$ року) при гострому початку СНП, яка у 20 була обумовлена судинними причинами, у 22 розвинулася внаслідок акубаротравми. Попередньо усім пацієнтам було проведено аудіометрію і визначено зниження порогів слуху (дБ) на низьких, середніх і високих частотах, а також на підставі висновку сурдолога встановлено ступінь зниження слуху від 0 (відсутність порушень) до 5 (глухота).

При порівнянні показників КСВП між чотирма групами спостережень із різною тяжкістю розладів слуху ми виявляли статистично значущі розбіжності у значеннях латентностей III, II й IV між випадками мінімальних слухових порушень (ступінь 1) і найтяжчими випадками (ступені втрати слуху 5 або 4) (рис. 3).

У середньому латентності II–IV при серйозній втраті слуху фіксувалися на нижчому рівні, ніж при легких порушеннях першого ступеня. Цей ефект ми відносимо на рахунок того факту, що при максимальних порушеннях слуху дослідження методом КСВП у більшості випадків не давало змоги зафіксувати латентності або фіксувало випадковий шум, унаслідок чого отримані

значення були близькими до нуля або встановлювалися рівними нулю. Також виявлено статистично значущі розбіжності у довжині міжпікових інтервалів I–III та I–V між випадками відсутності порушень слуху та мінімальних слухових порушень (ступеня 1) (рис. 4). За відсутності слухових розладів міжпікові інтервали I–III та I–V були значущо меншими порівняно з випадками наявності порушень слуху мінімального ступеня.

Для діагностування найтяжчих порушень слуху ми будували ROC-криві показників КСВП і оцінювали площі під ними, розділивши дані дослідження на два класи, перший з яких включав випадки втрати слуху ступенів 5 і 4, а другий — усі легші. Значущими виявилися показники латентностей III, II та IV, що узгоджується з наведеними вище результатами проведених нами міжгрупових порівнянь при розладах слуху різної тяжкості, у яких лише за цими показниками латентностей виявлялися статистично значущі розбіжності у групах пацієнтів з мінімальними та найбільш серйозними порушеннями слуху.

Оптимальне порогове значення міжпікового інтервалу I–III, за якого досягаються максимально можливі специфічність і чутливість розділення класів без порушень слуху і з наявними порушеннями, визначено у вибірці нашого дослідження на рівні 2,21 мс. Тобто значення міжпікового інтервалу I–III, що більші або дорівнюють 2,21 мс, свідчать про наявність слухових розладів, менші за 2,21 мс — про їх відсутність. Таке просте діагностичне правило показує чутливість (точність визначення наявності слухових розладів) 73,13 % і специфічність (точність визначення відсутності порушень слуху) 70,59 % (рис. 5).

Таблиця 2. Описова статистика (Me [LQ; UQ]) і результати порівняння зниження порогів слуху (дБ) в обстежених пацієнтів із СНП залежно від причини розладів слуху

Сторона	Показник аудіометрії	Причина		Результат порівняння (критерій Манна — Уїтні)		
		Судинна (n = 48)	Акубаротравма (n = 52)	U	Z	p
Права	Зниження порога слуху на низьких частотах (120–500 Гц)	30,0 [10,0; 60,0]	10,0 [10,0; 15,0]	681,0	4,151	0,000033
	Зниження порога слуху на середніх частотах (1000–2000 Гц)	40,0 [12,5; 70,0]	15,0 [10,0; 20,0]	649,5	4,203	0,000026
	Зниження порога слуху на високих частотах (4000–8000 Гц)	57,5 [35,0; 85,0]	40,0 [30,0; 50,0]	787,5	3,189	0,001426
	Середнє зниження порога слуху	44,17 [23,33; 70,00]	21,67 [18,33; 25,83]	681,5	3,911	0,000092
Ліва	Зниження порога слуху на низьких частотах (120–500 Гц)	30,0 [10,0; 55,0]	10,0 [10,0; 20,0]	740,5	3,730	0,000192
	Зниження порога слуху на середніх частотах (1000–2000 Гц)	40,0 [10,0; 65,0]	15,0 [10,0; 20,0]	685,0	3,982	0,000068
	Зниження порога слуху на високих частотах (4000–8000 Гц)	60,0 [17,5; 85,0]	40,0 [30,0; 50,0]	899,0	2,416	0,015676
	Середнє зниження порога слуху	44,17 [14,17; 66,67]	22,50 [20,00; 28,33]	814,5	2,991	0,002782

Примітки: Me — медіана, LQ — нижній квантиль, UQ — верхній квантиль; U — точна статистика критерію Манна — Уїтні, Z — її нормальна апроксимація, p — рівень похибки I роду ($p < 0,05$ свідчить про статистичну значущість розбіжностей між двома порівнюваними групами пацієнтів).

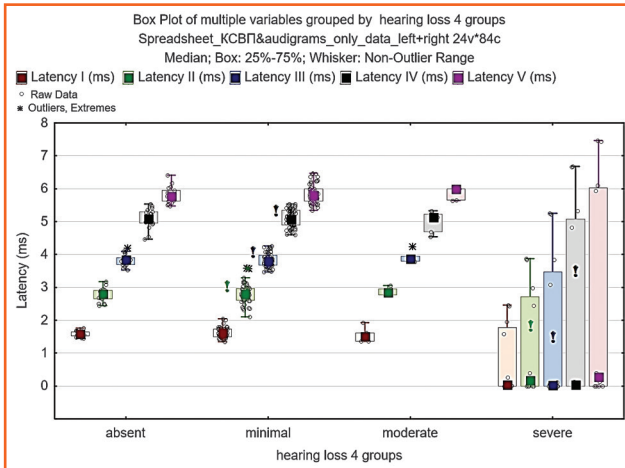


Рисунок 3. Графіки розмаху показників латентностей I–V (мс) у чотирьох групах пацієнтів із гострою СНП залежно від тяжкості розладів слуху

Примітка: символ ! вказує на статистично значущі розбіжності.

Для міжпікового інтервалу I–V оптимальне порогове значення, що максимально точно розрізняє наявність порушень слуху та їх відсутність, становить 4,2 мс. При цьому досягається 74,63% чутливість (точності визначення наявності слухових розладів) та 64,71% специфічність (точності визначення відсутності порушень слуху). Значення міжпікового інтервалу I–V, менші за 4,2 мс, відповідають відсутності втрати слуху, а 4,2 мс або довші вказують на наявність слухових розладів (рис. 6).

Таким чином, за результатами проведеного аналізу можливих взаємозв'язків між тяжкістю розладів слуху і параметрами, які фіксуються дослідженням КСВП, встановлено діагностичну значущість/цінність міжпікових інтервалів I–III та I–V для відокремлення наявних слухових розладів від випадків відсутності клінічно

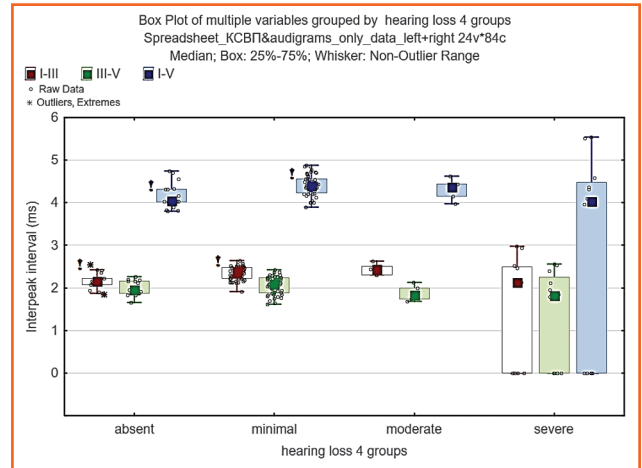


Рисунок 4. Графіки розмаху міжпікових інтервалів I–III, III–V та I–V (мс) у чотирьох групах пацієнтів із СНП залежно від тяжкості розладів слуху

Примітка: символ ! вказує на статистично значущі розбіжності.

значущого зниження слуху, а також показників латентностей III, II і IV — для виявлення найбільш тяжких порушень слуху (ступеня 4 і 5). Визначено оптимальні порогові значення цих показників, які дозволяють досягти максимально можливих специфічності та чутливості діагностики. Утім, отримані для вказаних параметрів оцінки площ під ROC-кривими свідчать про досить помірну діагностичну цінність кожного з них при окремому використанні.

Детальні механізми, що лежать в основі втрати слуху, спричиненої вибухом, потребують подальших досліджень. Вважається, що акубаротравма настає тоді, коли вплив ударної хвилі стає значимим (тому якраз військові акубаротравми практично завжди є акубаротравмами, що пояснюється особливостями утворення звуку зброєю). Крім ударної хвилі, по-

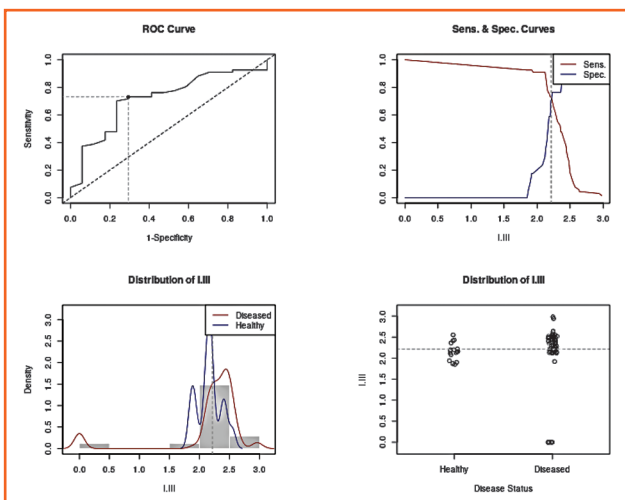


Рисунок 5. Результати визначення оптимального порогового значення міжпікового інтервалу I–III для визначення наявності/відсутності розладів слуху

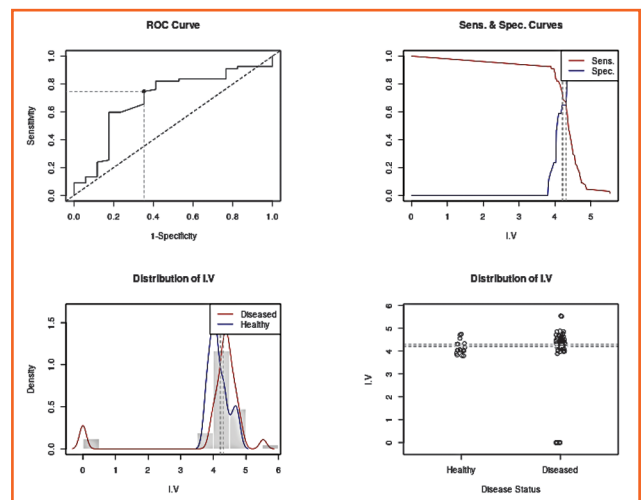


Рисунок 6. Результати визначення оптимального порогового значення міжпікового інтервалу I–V для визначення наявності/відсутності розладів слуху

стійним компонентом вибуху є потужний звук, дія якого при вибуху носить другорядний характер, що обумовлюється більш повільним поширенням звукової хвилі з низьким звуковим тиском. Отже, вплив звуку проявляється на вусі, на яке уже вплинула ударна хвиля. Тому такий вплив діє у поєднанні з виникаючою вібрацією [7]. Встановлено, що морфологічні зміни у внутрішньому вусі при контузії проявляються крововиливом у перилімфатичний простір завитка, руйнуванням спірального органу, дислокацією клітинних елементів ходу завитка, розривами перетинчастих утворень завитка. У різних відділах головного мозку, зокрема і корковому представництві слухового аналізатора, зустрічаються вогнища забою та крововиливу, порушується циркуляція цереброспінальної рідини [8, 9]. Дія інтенсивного звуку і змін тиску різних характеристик при застосуванні різних типів озброєння посилюють один одного, створюючи потужний руйнівний вплив на слухову систему, вестибулярний апарат та центральну нервову систему [10]. Таким чином, гостре вибухове акубаротравматичне поранення вуха відрізняється характерними особливостями: 1) дифузним характером уражень, що охоплюють всю слухову систему від периферії до кори мозку; 2) складним патогенезом — розладом кровопостачання, розривами судин, крововиливами, зміщенням елементів внутрішнього вуха, дегенерацією специфічної нервової тканини, пошкодженням ядер і діяльності кори мозку. Дослідження особливостей порушень слуху з використанням методу КСВП дозволить поліпшити визначення ступеня і рівня ураження для оптимізації лікування таких пацієнтів та прогнозування відновлення функцій слуху.

Висновки

1. Судинні фактори ризику, окрім куріння, вірогідно переважають у пацієнтів із СНП судинної етіології порівняно з акубаротравмою, що підкреслює значення їх встановлення для визначення етіології втрати слуху.

2. Зниження порогів слуху на низьких, середніх та високих частотах спостерігається вірогідно більше при СНП судинної етіології порівняно з акубаротравмою і є найбільшим при низьких частотах.

3. При дослідженні КСВП діагностичне значення мають міжпикові інтервали I–III та I–V. Це свідчить про генералізоване порушення по всьому стовбуровому слуховому шляху, допомагає визначити ступінь порушення слуху та об'єктивізувати диференційну діагностику наявності та відсутності слухових розладів.

4. Своєчасна діагностика і диференційна діагностика порушення функції слуху дозволить поліпшити менеджмент та зменшити негативний вплив зниження слуху на фізичне та ментальне здоров'я.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Це дослідження не має фінансування і виконано в рамках науково-дослідної роботи кафедри неврології та дитячої неврології Харківського національного медичного університету.

Внесок авторів. Дубенко О.Є. — концепція і дизайн дослідження, написання тексту; Шило К.О., Нессонова М.М. — збирання й обробка матеріалів, написання тексту; Тарасова О.І. — проведення дослідження КСВП, інтерпретація результатів.

References

1. O'Neill OJ, Brett K, Frank AJ. *Ear Barotrauma*. In: *StatPearls Treasure Island, FL: StatPearls Publishing; 2025 Jan*.
2. Halushka A, Podolian Y, Shvets A, Ivantsova G, Rychka O. *Retrospective analysis of acut trauma symptoms spreading among wounded and sick ATO (JFO) members*. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2019;19(2):17–24. *Ukrainian*.
3. Joseph AR, Shaw JL, Clouser MC, MacGregor AJ, Dougherty AL, Galarneau MR. *Clinical audiometric patterns of hearing loss following blast-related injury in U.S. military personnel*. *Int J Audiol*. 2020 Oct;59(10):772–779. doi: 10.1080/14992027.2020.1743884.
4. Myers EE, Joseph AR, Dougherty AL, Clouser MC, MacGregor AJ. *Relationship Between Tinnitus and Hearing Outcomes Among US Military Personnel after Blast Injury*. *Ear Hear*. 2023 Mar-Apr 01;44(2):300–305. doi: 10.1097/AUD.0000000000001285.
5. Van Zanten G, Versnel H, van der Stoep N, Koopmans W, Hoetink A. *Short-Latency Evoked Potentials of the Human Auditory System*. In: Naz S, editor. *Auditory System - Function and Disorders*. London, UK: IntechOpen; 2022. 26 p. doi: 10.5772/intechopen.102039.
6. Sanfins MD, Colella-Santos MF, Ferrazoli N, et al. *Latency and Interpeak Interval Values of Auditory Brainstem Response in 73 Individuals with Normal Hearing*. *Med Sci Monit*. 2022 Oct 20;28:e937847. doi: 10.12659/MSM.937847.
7. Phipps H, Mondello S, Wilson A, et al. *Characteristics and Impact of U.S. Military Blast-Related Mild Traumatic Brain Injury: A Systematic Review*. *Front Neurol*. 2020 Nov 2;11:559318. doi: 10.3389/fneur.2020.559318.
8. Ding D, Manohar S, Kador PF, Salvi R. *Multifunctional redox modulator prevents blast-induced loss of cochlear and vestibular hair cells and auditory spiral ganglion neurons*. *Sci Rep*. 2024;14:15296. doi: 10.1038/s41598-024-66406-1.
9. Wang Y, Urioste RT, Wei Y, et al. *Blast-induced hearing impairment in rats is associated with structural and molecular changes of the inner ear*. *Sci Rep*. 2020 Jun 30;10(1):10652. doi: 10.1038/s41598-020-67389-5.
10. Kimura E, Mizutani K, Kurioka T, et al. *Effect of shock wave power spectrum on the inner ear pathophysiology in blast-induced hearing loss*. *Sci Rep*. 2021 Jul 19;11(1):14704. doi: 10.1038/s41598-021-94080-0.

Отримано/Received 27.09.2025

Рецензовано/Revised 20.10.2025

Прийнято до друку/Accepted 27.10.2025

Information about authors

Olha Dubenko, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Neurology and Pediatric Neurology, Postgraduate Education Institute, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: olgadubenko05@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4911-5613>

Kyryll Shylo, PhD-student, Department of Neurology and Child Neurology, Kharkiv National Medical University, Nauky ave., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine; e-mail: shylokyryll92@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-0300-1520>

Maryna Nessonova, PhD in Technical sciences (Medical and Biological Informatics and Cybernetics), Associate Professor at the Department of Fundamental General Scientific Disciplines, Private Institution of Higher Education "Kharkiv International Medical University", Kharkiv, Ukraine, e-mail: m.nessonova@khimu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-7729-317X>

Olga Tarasova, functional diagnostics doctor of the clinical diagnostic department Kharkiv clinical hospital by railway transport of the branch "Health center" of the public joint stock company "Ukrainian railways", Kharkiv, Ukraine; e-mail: olgafonina22@gmail.com

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. This study is not funded and was carried out within the framework of the research of the Department of Neurology and Pediatric Neurology of the Kharkiv National Medical University.

Authors' contribution. O.Ye. Dubenko — concept and design of the study, writing the text; K.O. Shylo, M.M. Nessonova — collection and processing of materials, writing the text; O.I. Tarasova — study of the brainstem auditory evoked potentials, interpretation of the results.

O.Ye. Dubenko¹, K.O. Shylo¹, O.I. Tarasova², M.M. Nessonova³

¹Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

²Kharkiv Clinical Hospital 1 by Railway Transport of the Branch "Health Center" of the Public Joint Stock Company "Ukrainian Railways", Kharkiv, Ukraine

³Private Institution of Higher Education "Kharkiv International Medical University", Kharkiv, Ukraine

Features of hearing impairment and auditory evoked potentials in sensorineural hearing loss of various etiologies

Abstract. Background. Sensorineural hearing loss (SNHL) has a multifactorial etiology. Nevertheless, the increasing frequency of armed conflicts worldwide and the ongoing war in Ukraine have considerably raised the incidence of SNHL caused by acoustic barotrauma resulting from exposure to firearms and explosions. The study aimed to investigate the specific features of auditory dysfunction in patients with SNHL of different etiologies using brainstem auditory evoked potentials (BAEP). **Materials and methods.** A total of 100 patients with a mean age of 49.60 ± 1.59 years, predominantly males (71 vs 29 %), were examined from June 2023 to June 2025. Sensorineural hearing loss was caused by acoustic barotrauma in 52 of them and by vascular factors in 48. An acute onset was observed in 60 % of cases, and a chronic course in 40 %. The distribution of acute and chronic forms between the acoustic barotrauma and vascular groups was approximately equal. All patients underwent comprehensive neurological and somatic examinations, otoneurological evaluation, consultation with an audiologist, audiometry,

brain neuroimaging, ultrasound examination of the major cervical vessels, and BAEP testing. Conductive causes of hearing loss were excluded. **Results.** Analysis of complaints and symptoms revealed that hearing loss and tinnitus were the most common complaints across all forms. Vertigo was more characteristic of acute onset than of chronic cases; vomiting occurred only in acute onset, while gait instability was more frequently observed in patients with vascular causes of hearing loss. In the vascular group, a significantly greater decrease in hearing thresholds was observed compared to acoustic barotrauma. In BAEP studies of acute sensorineural hearing loss, interpeak intervals I–III and I–V had diagnostic significance, indicating generalized impairment along the entire brainstem auditory pathway. **Conclusions.** The study of brainstem auditory evoked potentials is useful for determining the degree of hearing impairment and for objectifying the differential diagnosis of auditory disorders. **Keywords:** sensorineural hearing loss; acoustic barotrauma; vascular diseases; brainstem auditory evoked potentials; diagnosis