

СУЧАСНІ МЕТОДИ ХІРУРГІЧНОГО СЛУХОПРОТЕЗУВАННЯ

Панченко Т. Ю.

Резюме. Останніми роками кількість хворих із порушеннями слуху у всьому світі постійно збільшується. За оцінками ВООЗ, невирішена проблема втрати слуху щорічно коштує світові 980 млрд дол. США. В даний час значно збільшилася кількість дітей і дорослих з сенсоневральною приглухуватістю.

Мета – дослідити наслідки порушення слуху у людини та описані хірургічні методи вирішення даної проблеми на основі наукового аналізу сучасних літературних даних.

Матеріали та методи. Проведено комплексний пошук релевантних літературних джерел у грудні 2021 року за допомогою електронних баз даних PubMed, EMBASE, MEDLINE, U.S. National Library of Medicine Clinical Trials, Research Gate та Cocharane Library.

Результати. Незважаючи на високо технологічні діагностичні можливості сучасної медицини, вивчення етіології, профілактики та корекції різноманітних порушень слуху у людини різного віку займає першорядну роль у сучасній медичній спільноті. Слухові апарати не в змозі передати весь спектр звукової палітри людині, яка слабо чує. При проведенні аналізу вивченої літератури сучасними хірургічними методами корекції порушень слуху являються кохлеарна імплантація, кістково-провідна система звукопроведення та стволотомозкова імплантація. Кожний метод має переваги, показання та особливості реабілітації. Відновлення слуху глухій дитині/дорослій людині – це результат командної роботи психологів, сурдологів, отохірургів/нейрохірургів, анестезіологів, інженерів та реабілітологів.

Висновки. Слух відіграє одну з найважливіших ролей у формуванні та розвитку суспільства, передачі накопичених знань від покоління до покоління, через формування навиків мовлення та спілкування. Для своєчасного виявлення порушень слуху, своєчасної корекції та вживання реабілітаційних заходів лікар-педіатр, сімейний лікар повинні володіти знаннями корекції порушень слуху з урахуванням сучасних медичних та цифрових технологій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: сенсоневральна приглухуватість, середній отит, слухопротезування, кохлеарна імплантація, система кісткового проведення звуків, стволотомозкова імплантація

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Панченко Тетяна Юрївна, к.мед.н., завідувач кафедри ЛОР-хвороб медичного факультету, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, Харків, Україна, 61022; e-mail: tanjapan2011@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0912-4101>

Для цитування:

Панченко ТЮ. СУЧАСНІ МЕТОДИ ХІРУРГІЧНОГО СЛУХОПРОТЕЗУВАННЯ. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Медицина». 2022; 44; С. 108–118. DOI: 10.26565/2313-6693-2022-44-08

ВСТУП

Останніми роками кількість хворих із порушеннями слуху у всьому світі постійно збільшується [1, 2, 3]. У структурі причин приглухуватості у дітей за останні десятиліття відбулися значні зміни. У минулі роки серед причин дитячої приглухуватості та глухоти чільне місце займали запальні захворювання органу слуху. В даний час значно збільшилася кількість дітей і дорослих з сенсоневральною приглухуватістю [4, 5,

6]. За даними В. С. Кузнєцова та Ю. М. Нікітіна, у структурі причин приглухуватості кохлеарний неврит займає провідне місце – 79,3 %, друге місце – адгезивний отит – 9,8 %, третє місце – хронічний гнійний середній отит – 8,7 %, четверте – отосклероз [6]. Розвиток оториноларингології як науки, науково-технічний прогрес, розвиток аудіології, поява нових методів дослідження органу слуху підняли на новий ступінь уваги клініцистів до проблем сенсоневральної приглухуватості [7]. Сенсоневральна при-

глухуватість – захворювання насамперед поліетиологічне [1, 6, 7]. Сенсоневральна приглухуватість ділиться на спадкову, вроджену та набуту [8, 9]. Причиною спадкової сенсоневральної приглухуватості є різні генетичні відхилення, що передаються від покоління до покоління [10, 11, 12]. Вроджена сенсоневральна приглухуватість формується в утробі матері, її причинами є різні захворювання матері: грип, краснуха, епідемічний паротит, хвороби нирок, діабет, прийом ототоксичних препаратів і резус-конфлікт [13, 14, 15]. Вплив несприятливих ендо- та екзогенних факторів на плід, що призводить до порушення розвитку слухового аналізатора, особливо небезпечний у першій третині вагітності (до 13 тижнів) [16].

МЕТА

Дослідити наслідки порушення слуху у людини та описані хірургічні методи вирішення даної проблеми на основі наукового аналізу сучасних літературних даних.

МАТЕРІАЛИ Й МЕТОДИ

Проведено комплексний пошук релевантних літературних джерел у грудні 2021 року за допомогою електронних баз даних PubMed, EMBASE, MEDLINE, U.S. National Library of Medicine ClinicalTrials, ResearchGate та Cocharane Library. В процесі пошуку використані наступні медичні предметні рубрики та ключові слова: «поширеність порушення слуху», «етіологія сенсоневральної приглухуватості», «хірургічні методи лікування порушень слуху» тощо. Отже у даній огляд включено 22 статті, де відображені сучасні методи діагностики слухових порушень, методи їх корекції та реабілітації.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У структурі захворювань ЛОР-органів вроджена сенсоневральна приглухуватість займає особливе місце. За даними ВООЗ (2021 р.), понад 5 % населення світу, або 430 мільйонів людей, потребують реабілітації для вирішення проблеми «інвалідизуючої» втрати слуху (432 мільйони дорослих та 34 мільйони дітей). За оцінками до 2050 р понад 700 мільйонів

осіб, або кожна десята, матимуть інвалідизуючу втрату слуху. Дану втрату слуху у вусі вважають такою, якщо перевищено поріг 35 децибел [2].

Відомо, що глибоке порушення слуху надає серйозний, а нерідко згубний вплив як на зрілу людину, так і на її особистість, що тільки формується, і його сім'ю. Це стосується як вроджено глухих дітей, так і дорослих, підлітків, які раптово або поступово втрачали слух. У зв'язку з втратою слуху відбувається грубе порушення зв'язку з соціумом та культурою як джерелами розвитку. Так само грубо порушується зв'язок батьків з дитиною на ранніх етапах у зв'язку з тим, що дорослий носій культури і цінностей не має способів передачі соціального досвіду дитині, яка не може придбати її спонтанно, на відміну від дитини, що нормально розвивається [19].

Слух відіграє у процесі розвитку людини дуже важливу роль. Тому при вродженій глухоті без спеціального навчання дитина залишається німою, при втраті слуху у віці 2–3-х років вона дуже швидко втрачає мову, яка була сформована у неї на слуховій основі. Якщо втрата слуху відбувається у шкільному віці чи пізніше, людина неспроможна повноцінно спілкуватися, так як вона не розуміє звернене до неї усне мовлення [20].

Протягом тривалого часу для навчання людей з порушеним слухом науковці намагалися знайти доступні засоби, які могли б покращити їх слухове сприйняття. Для них вигадували та використовували різні пристосування, наприклад: рупори, морські раковини, розтруби, слухові трубки, слухові ріжки тощо. «Винахід телефонного апарату в 1876 році і вугільного мікрофону здійснив справжню революцію в техніці зв'язку і мало істотний вплив на конструювання спеціальних приладів для глухих людей. Німецький винахідник Wernervon Siemens у 1878 році створив перший слуховий апарат «Phonophor», призначений для людей, що слабо чують. Бурхливий розвиток електроакустики, що почався в 20-х роках минулого століття, призвів до майже повного витіснення застосовуваних раніше слухових трубок електронними звукопідсилюючими апаратами індиві-

дуального і колективного користування. Слухові апарати в ті часи були великих розмірів, досить важкі, що не дозволяло застосовувати їх для щоденного використання [21].

До середини 90-х років ХХ століття абсолютно всі слухові апарати були аналоговими, функція яких спочатку зводилася до простого посилення сигналу, отриманого з мікрофона. Слухові апарати нового покоління з цифровою обробкою сигналу відкрили зовсім інші можливості слухопротезування, реалізувати які раніше за допомогою традиційних аналогових технологій було неможливо. Удосконалення індивідуальних слухових апаратів (як і іншої звукопідсилювальної апаратури) продовжується і в даний час. Проте навіть у найсучасніших слухових апаратах глуха людина не може повноцінно чути мову. В основному вони сприяють слухозоровому сприйняттю мови (коли дитина слухає і бачить губи того, хто говорить) і розширенню його уявлень про

звуки навколишнього світу. У зв'язку з цим продовжуються наукові розробки та дослідження в галузі сурдотехніки, спрямовані на пошук більш досконалих технічних засобів допомоги глухим із залученням фахівців різних областей [17].

Вухо людини сприймає звукові коливання у діапазоні від 16 до 20000 Гц (коливання менше 16 Гц (інфразвуки) та більше 20000 Гц (ультразвуки) не сприймаються слуховим апаратом людини) [1].

Розрізняють два відділи слухової системи:

Периферичний відділ – проведення звукової хвилі до волоскових клітин внутрішнього вуха, де відбувається перетворення звуків у нервові імпульси.

Центральний відділ включає проведення імпульсів по слуховому нерву в складі VIII пари черепно-мозкового нерву до слухового центру скроневої доли головного мозку [1]. Периферичний відділ слухового аналізатору представлений на рисунку 1.



Рис. 1. Периферичний відділ слухового аналізатору [30]

Fig. 1. The peripheral auditory system [30]

До рецепторного апарату (волоскових клітин) звуки передаються повітряним та кістковим шляхом. Повітряний шлях передачі звуку включає проведення звукової хвилі через зовнішній слуховий

прохід, структури середнього вуха (коливання молоточка, коваделка та стремінця визивають коливання рідини у внутрішньому вусі, за рахунок чого відбувається подразнення волоскових

клітин). Цей шлях передачі звуку є фізіологічним для людини [21].

При кістковому проведенні звук передається у внутрішнє вухо кістками черепа, минаючи зовнішнє та середнє вухо. Ці коливання (вібрація) приводять до підвищення тиску в сходах присінку

равлика. Внаслідок цього відбувається зміщення базилярної мембрани та подразнення волоскових клітин слухового нерву, як і при повітряній передачі звукової хвилі [21]. Шляхи передачі звукової хвилі наведені на рис. 2.



Рис. 2. Шляхи проведення звукової хвилі до рецепторів слухового нерву [21]

Fig. 2. Pathway of a sound wave to the receptors of the auditory nerve [21]

Сучасні хірургічні методи слухопротезування – це кохлеарна імплантація (КІ), імплантація системи кісткової провідності та стовбурова імплантація.

Кохлеарна імплантація – це комплексна система заходів, спрямована на повноцінну соціальну адаптацію дітей та дорослих з глибокою втратою слуху. Вона включає відбір пацієнтів; хірургічне втручання з метою відновлення слухового відчуття шляхом електричної стимуляції волокон слухового нерва. І останній, а також «найважливіший і триваліший етап після проведення КІ – це реабілітація, основними завданнями якої є підключення мовного процесора та педагогічна робота з ним запланована у різних напрямках, у тому числі і з підготовки його до спілкування в суспільстві тих, хто чує [1, 17, 22]. Про те, що електрична стимуляція може викликати звукові відчуття, стало відомо на початку XIX століття завдяки італійському фізику та фізіологу Alessandro Volta, який помістив пластини з цинку та міді в кислоту, щоб отримати безперервний електричний струм. Після цього робилися численні спроби знайти способи електродного протезування

равлика у тварин і людей, проте це вдалося тільки в 1957 році французьким ученим Djourno і Eyries [17].

Вони ввели у внутрішнє вухо одноканальний імплант, який дозволяв визначити лише наявність звуку. Далі з'явилися спроби проведення операції з декількома електродами. Проте найбільш значний внесок у розвиток КІ вніс G. Clark, який довгі роки працює в Австрії над проблемою створення багатоканального пристрою. «Кохлеарний імплант – це електронний пристрій, що виконує функції пошкоджених або відсутніх волоскових клітин равлика, що відповідають за забезпечення електричної стимуляції зберігаючих нервових волокон» [22, 23]. Спрямований мікрофон вловлює звуки навколишнього світу і після перетворення їх в електричні сигнали передає їх у мовний процесор. У мовному процесорі здійснюється частотний аналіз сигналу і його кодування відповідно до обраної стратегії. Закодована звукова інформація передається з мовного процесу на передавальну котушку. Від неї сигнали у вигляді радіохвиль передаються через шкіру на приймач/стимулятор, де вони трансформуються в електричні імпульси.

Потім електричні імпульси по електричній решітці надходять у внутрішнє вухо, де здійснюється стимуляція волокон слухового нерва. Далі, по слуховому нерву звукова інформація передається в головний мозок, де сприймається як звук. Таким чином, стає можливим сприйняття не тільки звуків навколишнього світу, а й мови. Не кожному глухому пацієнту можливе проведення кохлеарної імплантації. Необхідно пройти численні доопераційні діагностичні дослідження, які дозволять визначити, чи може даний пацієнт стати кандидатом для проведення КІ [24].

Діагностика проводиться за участю фахівців різних галузей знань:

– консультація сурдолога для проведення отологічного огляду та необхідних аудіологічних та електрофізіологічних досліджень:

- дослідження викликаного отоакустичної емісії,
- акустична імпедансометрія,
- дослідження слухових;

– консультація отоневролога для отримання висновку про стан вестибулярного апарату та показання до КІ;

– консультація невропатолога для визначення неврологічного статусу пацієнта з проведенням електроенцефалографічного дослідження (ЕЕГ);

– проведення обов'язкових клінічних тестів:

- промоніторіальне тестування (для дорослих) – висновок про наявність функціонально збережених волокон слухового нерва,
- магнітно-резонансна томографія скроневих кісток,
- комп'ютерна томографія скроневих кісток (висновок про прохідність барабаних сходів);
- сурдопедагогічне та психологічне обстеження для визначення загального та мовного рівня розвитку дитини, для виявлення умінь та навичок слухового сприйняття мови та немовних звучань, ефективності використання слухових апаратів.

Мета хірургічного етапу КІ – розміщення внутрішньої частини кохлеарного імпланту, включаючи встановлення

приймача/стимулятора та вживлення електродного ланцюжка в раулік. Підключення мовного процесора здійснюється через 4–6 тижнів після операції. До підключення пацієнт повинен пройти додаткове обстеження у хірурга для оцінки стану післяопераційного шву та можливості використання мовного процесора. Під час налаштування мовного процесора визначаються параметри порогового рівня (мінімальне значення електростимуляції, при якому людина починає чути) і комфортного рівня (максимальне значення електростимуляції, при якому виникає відчуття гучного звуку без дискомфорту). При подачі стимулів на кожен електрод від пацієнта потрібна реакція у відповідь. Доросла людина, аналізуючи свої відчуття, повідомляє їх оператору, який займається налаштуванням електродів, а у дитини повинна бути вироблена умовна рухова реакція на звук (у відповідь на сигнал маленька дитина надягає кільце на стрижень піраміди, кладе кубик тощо) [24, 25].

Пізніше для уточнення режиму налаштування у імплантованої дитини бажано сформувати такі вміння: визначення сили звучання (голосно/тихо); кількості звучань; тривалості звучань (довго/коротко), висоти звучань (високо/низько) тощо. Необхідно зазначити, що з педагогічної точки зору, проведення КІ за наявності медичних показань та відсутності протипоказань можливе всім глухим дітям, для яких використання індивідуальних слухових апаратів виявляється неефективним. Це стосується і глухих дітей зі складною структурою порушень. Їм після проведення КІ також стають доступними майже всі звучання [1, 24].

Тривалий час КІ проводилась лише на одне вухо (моноурально). Це пов'язано з високою ціною системи КІ. Перша бінауральна кохлеарна імплантація (одночасно на обидва вуха) була проведена в 1996 році. В 1998 році вперше бінаурально проімплантовано дитину. Бінауральна КІ забезпечує більш ефективно та природне сприйняття звуків. В сучасному світі в розвинених країнах після ретельного відбору кандидатів на КІ при повній глухоті проводиться бінауральна кохлеарна імплантація дитині

віком від 1 року, що дозволяє скоротити шлях реабілітації дитини до слухового середовища. Дитина, яку проімплантовано у ранньому віці одразу потрапляє до мовного середовища та навчається «з перших вуст» своїх батьків [25, 26].

Для проведення КІ не повинно бути вроджених вад вуха, хронічних

деструктивних захворювань вуха (холестеатоми, хронічних отитів) [24, 25].

При наявності розладів вроджених/набутих анатомічних дефектів зовнішнього, середнього, внутрішнього вуха застосовується метод кісткового проведення звуків [13, 27]. Принцип роботи кісткового проведення звуків наведено на рис. 3.



Рис. 3. Система кохлеарної імплантації [27]

Fig. 3. Cochlear implant system [27]

У ході малоінвазивної хірургічної процедури у скроневу кістку встановлюється титановий штифт, що імплантується, з приєднаною до нього зовнішньою опорою, яка виводиться назовні через шкірний покрив. Ця опора є кріпленням для зовнішнього звукового процесора. Звуковий процесор вловлює звуковий сигнал, обробляє його і перетворює на вібрацію. Вібрація передається через опору на імплант кісткового апарату та далі безпосередньо на кісткову тканину. Титанові імпланти-штифти мають ряд характеристик, що сприяють досягненню найкращого результату від застосування системи та максимальної задоволеності користувача.

Титановий штифт має спеціальне покриття, що сприяє покращеній початковій стабільності імпланту, прискоренню процесу осеоінтеграції, і, швидше, підключенню звукового процесора після проведення операції [26, 27].

Кісткова система проведення звуків (титановий імплант представлений на рис. 4) є єдиним методом відновлення слуху при таких захворюваннях як синдром Трітчера-Коллінза, синдром Гольдехара, синдром Дауна, атрезія різного ступеню зовнішнього вуха, некласифіковані аномалії розвитку вуха. Також це єдиний вибір для проведення слухопротезування пацієнтам, які мають хронічні рецидивуючі отити [21, 27].



Рис. 4. Система кісткового проведення звуків [27]

Fig. 4. The system of bone conduction of sounds [27]

Стволомозкова слухова імплантація – це метод відновлення слуху у глухих пацієнтів, яким неможливе або недоцільне проведення операції кохлеарної імплантації. [28]

До цих пацієнтів належать:

- діти та дорослі з повною або значною осифікацією (окостенінням) равлика (наприклад, при втраті слуху внаслідок менінгіту);

- діти та дорослі, у яких пошкоджені слухові нерви (після видалення пухлини при двосторонній неврині слухового нерва, внаслідок черепно-мозкової травми);

- діти, у яких відсутні (аплазія) або значно недорозвинені равлики та/або слуховий нерв. [28]

Для таких пацієнтів розроблений стволомозковий слуховий імплант (СМСІ, auditorybrainstemimplant – ABI) [28].

На відміну від кохлеарного імпланту СМСІ впроваджується не в равлик, а у підкоркові центри мозку (кохлеарні ядра), розташовані за равликом і слуховим нервом [29].

Пристрій та принцип дії СМСІ: зовнішня частина СМСІ така сама, як у КІ. Внутрішня частина загалом також подібна, але відрізняється форма носія електродів. Зовнішня та імплантована частини стовбуромозкового слухового імпланту СМСІ, також як КІ, передає звукову та мовленнєву інформацію напряму в слухові центри мозку за допомогою перетворення звуків на кодовану послідовність електричних імпульсів. Тобто СМСІ стимулює слухові підкіркові центри (кохлеарні ядра) мозку, а не слуховий нерв, як це робить кохлеарний імплант [28].

В 1979 році був розроблений перший СМСІ в Інституті вуха (США) для пацієнта, у якого були пошкоджені слухові нерви при видаленні пухлин, що утворилися на цих нервах (нейрофіброматоз 2 типу). Вперше с 1992 – стали проводитися операції з серійно виробленими СМСІ пацієнтам з нейрофіброматозом 2 типу, у яких ушкоджувалися слухові нерви при видаленні пухлин. З 1997 року у Європі дозволено проводити операції стволомозкової слухової імплантації дітям з пошкодженими слуховими нервами або аномалією/осифікацією

равлика. У США першу операцію із СМСІ 3-річній дитині з аномалією равлика зробили у 2013 р. після неефективної кохлеарної імплантації [28, 29].

Стволомозкова слухова імплантація складається з 3-х етапів, як і кохлеарна імплантація [28].

Передопераційне діагностичне обстеження та відбір пацієнтів-кандидатів на операцію. Включає стандартний набір обстежень для кохлеарної імплантації та додатково МРТ равлика та мозку в області мосто-мозочкового кута. Проводиться в нейрохірургічному стаціонарі та центрі кохлеарної імплантації [28].

Нейрохірургічна операція стовбуромозкової імплантації. Проводиться під загальною анестезією у нейрохірургічному стаціонарі. Операція триває кілька годин, після операції пацієнт перебуває у стаціонарі під наглядом лікарів 2–3 тижні [28, 29].

Післяопераційна слухоречова реабілітація. Проводиться у центрі кохлеарної імплантації. Також як і у пацієнтів з КІ післяопераційна реабілітація включає підключення, програмування, налаштування процесора СМСІ, розвиток слухового сприйняття з СМСІ, у дітей також включає розвиток рідної мови та мови навчання близьких пацієнта до розвитку слуху та мовлення в домашніх умовах. Післяопераційна слухова реабілітація пацієнтів із СМСІ має особливості порівняно з пацієнтами після кохлеарної імплантації. У пацієнтів із СМСІ повільніше налаштовують процесор, вони повільніше адаптуються до нових слухових відчуттів. [29]

ВИСНОВКИ

Слух відіграє одну з найважливіших ролей у формуванні та розвитку суспільства, передачі накопичених знань від покоління до покоління, через формування навиків мовлення та спілкування. Для своєчасного виявлення порушень слуху, своєчасної корекції та вживання реабілітаційних заходів лікар-педіатр, сімейний лікар повинні володіти знаннями корекції порушень слуху з урахуванням сучасних медичних та цифрових технологій.

У зв'язку з розвитком та модернізацією медичних технологій, а саме методу

багатоканальної кохлеарної імплантації, стовбуромозкової імплантації, застосування системи кісткового проведення звуку стає можливим, очевидним факт відновлення повноцінного життя в соціальному просторі людині з втратою слуху. Висока вартість сучасних цифрових слухових систем потребує державної підтримки процедури забезпечення

цифровими слуховими системами пацієнтів та формування політики, яка спрямована на підготовку фахівців для забезпечення лікування дітей та дорослих із втратою слуху.

ФІНАНСУВАННЯ

У авторів відсутні додаткові джерела фінансування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Таварткиладзе ГА. Руководство по клинической аудиологии. М. : Медицина; 2013. 674 с.
2. Глухота и потеря слуха. Информационный бюллетень ВОЗ. 2021;300:5. Available from: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
3. Яшан АИ, Хоружий ИВ. Влияние погибших лимфоцитов секрета среднего уха на развитие сенсоневральной тугоухости при остром среднем отите. Вестник Оториноларингологии. 2015; 1: 17–20. DOI: <https://doi.org/10.17116/otorino201580117-20>.
4. Заболотний ДІ, Мітін ЮВ, Безшапочний СБ, Дєєва ЮВ. Оториноларингологія: підручник. К.: ВСВ «Медицина» 2017; 472с.
5. Kasemodel ALP, Costa LEM, Monsanto RDC, Tomaz A, Penido NO. Sensorineural hearing loss in the acute phase of a single episode of acute otitis media. Braz J Otorhinolaryngol. 2020 Nov–Dec; 86 (6): 767–773. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.06.001>. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31324458.
6. Monsanto RDC, Schachern P, Paparella MM, Cureoglu S, Penido NO. Progression of changes in the sensorial elements of the cochlear and peripheral vestibular systems: The otitis media continuum. Hear Res. 2017; 351: 2–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.05.003>.
7. Марушкин ДВ, Марушкина ГИ. Сенсоневральная тугоухость у детей: этиопатогенез, диагностика и методы лечения. Лекарственный вестник. 2007;3:24–28.
8. Dyachenko P, Dyachenko A, Smiianova O, Kurhanskay VA, Efremin R. Ukrainian priorities for herpesvirus infections that affect the central nervous system. Wiad Lek. 2018; 71 (7): 1289–1294. PMID: 30448798.
9. Холматов ДИ. Соотношение кондуктивного и нейросенсорного компонента тугоухости у больных с нарушением слуха [диссертация]. Душанбе: Душанбе. 2013. 241 с.
10. Morzaria S, Westerberg BD, Kozak FK. Systematic review of the etiology of bilateral sensorineural hearing loss in children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2004 Sep; 68 (9): 1193–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2004.04.013>. PMID: 15302152.
11. Yehudai D, Shoenfeld Y, Toubi E. The autoimmune characteristics of progressive or sudden sensorineural hearing loss. Autoimmunity. 2006 Mar; 39 (2): 153–8. DOI: <https://doi.org/10.1080/08916930500499599>. PMID: 16698672.
12. Холматов ДИ, Махамадиев АА, Бободжонов РУ. Значение аудиометрии в расширенном диапазоне частот в ранней диагностике сенсоневральной тугоухости. Современные аспекты диагностики, лечения и профилактики врожденных и приобретенных патологий в детской оториноларингологии: сб. тез. 2-й науч.-практ. конф. Ташкент. 2012. с. 125–126.
13. Косаковський АЛ, Юрочко ФБ. Дитяча отологія. Навчально-методичний посібник. Львів: Мс; 2017. 86 с.
14. Charrier JB, Tran Ba Huy P. Surdités brusques idiopathiques [Idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a review]. Ann Otolaryngol Chir Cervicofac. 2005 Feb; 122 (1): 3–17. French. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-438x\(05\)82312-6](https://doi.org/10.1016/s0003-438x(05)82312-6). PMID: 15851940.
15. Тимен ГЭ, Голод АН. Возможности пороговой регистрации слуховых вызванных потенциалов для диагностики смешанной тугоухости у детей. Вестник оториноларингологии. 2004;6:139–142.
16. Rosenthal LS, Fowler KB, Vorpana SB, Britt WJ, Pass RF, Schmid SD, Stagno S, Cannon MJ. Cytomegalovirus shedding and delayed sensorineural hearing loss: results from longitudinal follow-up of children with congenital infection. Pediatr Infect Dis J. 2009 Jun; 28 (6): 515–20. DOI: <https://doi.org/10.1097/INF.0b013e318198c724>. PMID: 19483517; PMCID: PMC2757789.
17. Семенова КО. Кохлеарная имплантация как средство помощи глухим детям. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2016; 7 (1): 38–42.
18. Центр слуху Ауріс, проблеми слуху. [інтернет]. [цитуються з 2022 Feb 19]. Available from: <https://www.auris.com.ua/uk/gluhota-i-vtrata-sluhu>.

19. Amaral MSAD, Reis ACMB, Massuda ET, Hyppolito MA. Cochlear implant revision surgeries in children. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2019 May-Jun; 85 (3): 290–296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.01.003>. Epub 2018 Feb 16. PMID: 29496369.
20. Sladen DP, Gifford RH, Haynes D, Kelsall D, Benson A, Lewis K, Zwolan T, Fu QJ, Gantz B, Gildea J, Westerberg B, Gustin C, O'Neil L, Driscoll CL. Evaluation of a revised indication for determining adult cochlear implant candidacy. *Laryngoscope.* 2017 Oct; 127 (10): 2368–2374. DOI: <https://doi.org/10.1002/lary.26513>. Epub 2017 Feb 24. PMID: 28233910; PMCID: PMC6145808.
21. Косаковський АЛ, Юрочко ФБ. Дитяча отологія. Навчально-методичний посібник. Львів: Мс; 2017. 257 – с.
22. Миронова ЭВ, Сатаева АИ, Фроленкова ИД. Развитие речевого слуха у говорящих детей после кохлеарной имплантации. *Дефектология.* 2005; 1: 57–64.
23. Roditi RE, Poissant SF, Bero EM, Lee DJ. A predictive model of cochlear implant performance in postlingually deafened adults. *Otol Neurotol.* 2009 Jun; 30 (4): 449–54. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31819d3480>. PMID: 19415041.
24. Янова ЮК, Дайхеса НА. Предоперационное обследование и хирургическое лечение пациентов с сенсоневральной тугоухостью IV степени и глухотой: клинические рекомендации. М.; 2015. 8 с.
25. Suckfüll M; Hearing Loss Study Group. Fibrinogen and LDL apheresis in treatment of sudden hearing loss: a randomised multicentre trial. *Lancet.* 2002 Dec 7; 360 (9348): 1811–7. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11768-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11768-5). Erratum in: *Lancet.* 2003 May 31; 361 (9372): 1916. PMID: 12480357.
26. Королева И. Кохлеарная имплантация глухих детей и взрослых (электродное протезирование слуха). СПб.: КАРО, 2012.
27. Миронюк Б., Хоменко М. Імплантовані системи кісткової провідності звуку. *Медицина світу,* 2017;(10). Доступний з: <http://msvitu.com/archive/2017/october/article-2.php>.
28. Komune N, Yagmurlu K, Matsuo S, Miki K, Abe H, Rhoton AL Jr. Auditory brainstem implantation: anatomy and approaches. *Neurosurgery.* 2015 Jun; 11 Suppl 2: 306–20; discussion 320–1. DOI: <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000736>. PMID: 25793729.
29. Experts map surgical approaches for auditory brainstem implantation [document on the Internet]. Health; 2015 may 21. [cited 2009 may 27]. Available from: <https://www.wolterskluwer.com/en/news/experts-map-surgical-approaches-for-auditory-brainstem-implantation>.
30. Соболев В. Біологія: підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. Кам'янець-Подільський: Абетка; 2016. 193 с.

REFERENCES

1. Tavartkiyladze HA. *Rukovodstvo po klynycheskoi audyolohyy.* М.: Medytsyna; 2013. 674 p. [in Russian].
2. Deafness and hearing loss. Newsletter VOZ. 2021; 300: 5. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
3. Yashan AY, Khoruzhiy YV. Vliyanye pohybshykh lymfotsytov sekreta sredneho ukha na razvytye sensonevralnoi tuhoukhosty pry ostrom srednem otyte. *Vestnyk Otorinolarynholohyy.* 2015; 1: 17–20. DOI: <https://doi.org/10.17116/otorino201580117-20>. [in Russian].
4. Zabolotnyi DI, Mitin YuV, Bezshapochnyi SB, Dieieva YuV. *Otorinolarynholohiia: pidruchnyk.* К.: VSV «Medytsyna». 2017; 472 s. [in Ukrainian].
5. Kasemodel ALP, Costa LEM, Monsanto RDC, Tomaz A, Penido NO. Sensorineural hearing loss in the acute phase of a single episode of acute otitis media. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2020 Nov-Dec; 86 (6): 767–773. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.06.001>. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31324458.
6. Monsanto RDC, Schachern P, Paparella MM, Cureoglu S, Penido NO. Progression of changes in the sensorial elements of the cochlear and peripheral vestibular systems: The otitis media continuum. *Hear Res.* 2017; 351: 2–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.05.003>.
7. Marushkyn DV, Marushkyna HY. Sensonevralnaia tuhoukhost u detei: etyopatohenez, dyahnostyka y metody lecheniya. *Lekarstvennyi vestnyk.* 2007; 3: 24–28. [in Russian].
8. Dyachenko P, Dyachenko A, Smiianova O, Kurhanskay VA, Efremin R. Ukrainian priorities for herpesvirus infections that affect the central nervous system. *Wiad Lek.* 2018; 71 (7): 1289–1294. PMID: 30448798.
9. Kholmatov DY. Sootnoshenye konduktivnogo y neirosensornogo komponenta tuhoukhosty u bolnykh s narusheniyem slukha [dyscertatsiya]. Dushanbe: Dushanbe. 2013. 241 p. [in Russian].
10. Morzaria S, Westerberg BD, Kozak FK. Systematic review of the etiology of bilateral sensorineural hearing loss in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2004 Sep; 68 (9): 1193–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2004.04.013>. PMID: 15302152.

11. Yehudai D, Shoenfeld Y, Toubi E. The autoimmune characteristics of progressive or sudden sensorineural hearing loss. *Autoimmunity*. 2006 Mar; 39 (2): 153–8. DOI: <https://doi.org/10.1080/08916930500499599>. PMID: 16698672.
12. Kholmatov DY, Makhmadyev AA, Bobodzhonov RU. Znachenye audyometry v rasshyrennom dyapazone chastot v rannei dyahnostyke sensonevralnoi tuhoukhosty. *Sovremennyye aspekty dyahnostyky, lecheniya y profylaktyky vrozhdennykh y pryobretennykh patolohyi v detskoj otorynolarynholohyy: sb. tez. 2-y nauch.-prakt. konf. Tashkent. 2012. p.125–126. [in Russian].*
13. Kosakovskiy AL, Yurochko FB. *Dytiacha otolohiia. Navchalno-metodychnyi posibnyk. Lviv: Ms; 2017. 86 p. [in Ukrainian].*
14. Charrier JB, Tran Ba Huy P. Surdités brusques idiopathiques [Idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a review]. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac*. 2005 Feb; 122 (1): 3–17. French. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-438x\(05\)82312-6](https://doi.org/10.1016/s0003-438x(05)82312-6). PMID: 15851940.
15. Tymen HƏ, Holod AN. Vozmozhnomy porohovoi rehystratsyy slukhovyykh vyzvannykh potentsyalov dlia dyahnostyky smeshannoi tuhoukhosty u detei. *Vestnyk otorynolarynholohyy*. 2004; 6: 139–142. [in Russian].
16. Rosenthal LS, Fowler KB, Boppana SB, Britt WJ, Pass RF, Schmid SD, Stagno S, Cannon MJ. Cytomegalovirus shedding and delayed sensorineural hearing loss: results from longitudinal follow-up of children with congenital infection. *Pediatr Infect Dis J*. 2009 Jun; 28 (6): 515–20. DOI: <https://doi.org/10.1097/INF.0b013e318198c724>. PMID: 19483517; PMCID: PMC2757789.
17. Semenova KO. Kokhlearnaia ymplantatsiya kak sredstvo pomoshchy hlukhym detiam. *Mezhdunarodnyi zhurnal humanyarnykh y estestvennykh nauk*. 2016; 7 (1): 38–42. [in Russian].
18. Tsentrl slukhu Auris, problemy slukhu. [Internet]. [cited 2022 Feb 19]. Available from: <https://www.auris.com.ua/uk/gluhota-i-vtrata-sluhu>. [in Ukrainian].
19. Amaral MSAD, Reis ACMB, Massuda ET, Hyppolito MA. Cochlear implant revision surgeries in children. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2019 May-Jun; 85 (3): 290–296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.01.003>. Epub 2018 Feb 16. PMID: 29496369.
20. Sladen DP, Gifford RH, Haynes D, Kelsall D, Benson A, Lewis K, Zwolan T, Fu QJ, Gantz B, Gildeen J, Westerberg B, Gustin C, O'Neil L, Driscoll CL. Evaluation of a revised indication for determining adult cochlear implant candidacy. *Laryngoscope*. 2017 Oct; 127 (10): 236–2374. DOI: <https://doi.org/10.1002/lary.26513>. Epub 2017 Feb 24. PMID: 28233910; PMCID: PMC6145808.
21. Kosakovskiy AL, Yurochko FB. *Dytiacha otolohiia. Navchalno-metodychnyi posibnyk. Lviv: Ms; 2017. 257 p. [in Ukrainian].*
22. Myronova ƏV, Sataeva AY, Frolenkova YD. Razvytye rechevoho slukha u hovoriashchykh detei posle kokhlearnoi ymplantatsyy. *Defektolohyia*. 2005; 1: 57–64. [in Russian].
23. Roditi RE, Poissant SF, Bero EM, Lee DJ. A predictive model of cochlear implant performance in postlingually deafened adults. *Otol Neurotol*. 2009 Jun; 30(4):449-54. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31819d3480>. PMID: 19415041.
24. Yanova YuK, Daikhesa NA. Predoperatsyonnoe obsledovanye y khyrurhycheskoe lechenye patsyentov s sensonevralnoi tuhoukhostiu IVstepeny y hlukhotoi: klynicheskyye rekomendatsyy. M.; 2015. 8 p. [in Russian].
25. Suckfüll M; Hearing Loss Study Group. Fibrinogen and LDL apheresis in treatment of sudden hearing loss: a randomised multicentre trial. *Lancet*. 2002 Dec 7; 360 (9348): 1811–7. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11768-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11768-5). Erratum in: *Lancet*. 2003 May 31; 361 (9372): 1916. PMID: 12480357.
26. Koroleva Y. *Kokhlearnaia ymplantatsiya hlukhykh detei y vzroslykh (əlektroodnoe protezyrovanye slukha). SPb.: KARO, 2012. [in Russian].*
27. Myroniuk B, Khomenko M. *Implantovani systemy kistkovoï providnosti zvuku. Medytsyna svitu, 2017; (10). Available from: http://msvitu.com/archive/2017/october/article-2.php.*
28. Komune N, Yagmurlu K, Matsuo S, Miki K, Abe H, Rhoton AL Jr. Auditory brainstem implantation: anatomy and approaches. *Neurosurgery*. 2015 Jun; 11 Suppl 2: 306–20; discussion 320–1. DOI: <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000736>. PMID: 25793729.
29. Experts map surgical approaches for auditory brainstem implantation [document on the Internet]. Health; 2015 may 21. [cited 2009 may 27]. Available from: <https://www.wolterskluwer.com/en/news/experts-map-surgical-approaches-for-auditory-brainstem-implantation>.
30. Sobol V. *Biolohiia: pidruch. dlia 8 kl. zahalnoosvit. navch. zakl. Kamianets-Podilskyi: Abetka; 2016. 193 p. [in Ukrainian].*

MODERN METHODS OF SURGICAL HEARING PROSTHESIS

Panchenko T.

Resume. In recent years, the number of patients with hearing impairments around the world is constantly increasing. The WHO estimates that the unresolved problem of hearing loss costs the world 980 billion US dollars annually. Currently, the number of children and adults with sensorineural hearing loss has increased significantly.

The aim of the work is to investigate the consequences of hearing loss in humans, and to describe current surgical methods of solving the problem based on scientific analysis of modern literature.

Materials and methods. A comprehensive search of relevant literature sources was conducted in December 2021 using such electronic databases as PubMed, EMBASE, MEDLINE, U.S. National Library of Medicine Clinical Trials, Research Gate and Cochrane Library.

Results. Despite the high-tech diagnostic capabilities of modern medicine, the study of etiology, prevention and correction of various hearing impairments in people of all ages take a paramount role in the modern medical community. Hearing aids are not able to transmit the full range of the sound palette to a person who is hard of hearing. In the analysis of the studied literature, modern surgical methods of correction of hearing disorders are cochlear implantation, bone-conducting system of sound conduction and brain-stem implantation.

Each method has advantages, indications and features of rehabilitation. Restoration of hearing for a deaf child / adult is the result of the teamwork of psychologists, audiologists, otosurgeons/neurosurgeons, anesthesiologists, engineers and rehabilitation specialists.

Conclusion. Hearing plays one of the most important roles in the formation and development of any society, transfer of accumulated knowledge from generation to generation through the formation of speech and communication skills. For timely detection of hearing impairment, on-time correction and rehabilitation measures, pediatricians and family doctors must know how to correct hearing impairment, taking into account modern medical and digital technologies.

KEY WORDS: *sensorineural hearing loss, otitis media, hearing aids, cochlear implantation, bone conduction sound system, brain-stem implantation*

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Panchenko Tetyana, MD, PhD, Head of the Department of ENT – Diseases, School of Medicine, V. N. Karazin Kharkiv National University, 6, Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: tanjapan2011@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0912-4101>.

For citation:

Panchenko T. MODERN METHODS OF SURGICAL HEARING PROSTHESIS. The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series «Medicine». 2022: 44; P. 108–118. DOI: **10.26565/2313-6693-2022-44-08**

Conflicts of interest: *author has no conflict of interest to declare.*

Конфлікт інтересів: *відсутній.*

Отримано: 01.02.2022

Прийнято до друку: 29.04.2022

Received: 02.01.2022

Accepted: 04.29.2022