

УДК 616.8-091.933:616.8-006:616-089

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0713.19.7.2023.1022>Лисенко С.А.¹ , Лисенко Н.М.¹ , Стойка Я.В.² , Ботаневич Є.О.³ ¹Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна²КНП «Центр первинної медико-санітарної допомоги № 5 м. Вінниця», м. Вінниця, Україна³КНП «Вінницька міська клінічна лікарня № 1», м. Вінниця, Україна

Принципи діагностики й лікування вестибулярної шванноми: огляд літератури

For citation: International Neurological Journal (Ukraine).2023;19(7):195-201. doi: 10.22141/2224-0713.19.7.2023.1022

Резюме. Актуальність. Вестибулярна шваннома є утворенням із клітин Шванна в вестибуло-кохлеарній зоні. Незважаючи на доброякісний характер пухлини, вона несе ризики для життя, оскільки її масивність становить загрозу для внутрішньочерепних структур та їх функціональної дієздатності. **Метою дослідження** є аналіз сучасної інформації про діагностику й методи лікування шванноми. **Матеріали та методи.** Було проведено пошук літератури за ключовими словами в наукометричних базах, таких як Web of Science, Scopus, PubMed, Elsevier і Springer. **Результати.** У більшості випадків вестибулярна шваннома діагностується після виявлення низки симптомів, наприклад запаморочення, погіршення слуху тощо. Відповідно до результатів сучасних досліджень найбільш інформативним методом і водночас золотим стандартом діагностики є магнітно-резонансна томографія та аудіограма, а верифікація здійснюється на основі патогістології. Більшість шванном є клінічно стабільними, проте при аналізі інформації було визначено основні види тактики за наявності такого діагнозу. Найбезпечнішим є неінвазивне спостереження з контролем динаміки клінічної картини й розмірів утворення. Однак існує і кілька хірургічних методик повного видалення пухлини. Найпоширенішим є доступ через середню черепну ямку, який, на жаль, має низку обмежень. Також використовуються транслабіринтна й ретросігмоїдна техніки. Вибір лікування залежить від розмірів, росту й симптоматики пацієнтів. Серед порівняно нових методів лікування є радіотерапія, яка інколи поєднується з операційним способом. **Висновки.** Отже, вестибулярна шваннома потребує активного спостереження й використання інших методів лікування. За наявності клінічних показань комбінація різних видів терапії дозволяє досягти позитивних терапевтичних результатів. Перспективою майбутніх досліджень є вивчення питання таргетного генного лікування.

Ключові слова: вестибулярна шваннома; лікування; хірургія; радіохірургія; діагностика; огляд

Вступ

Шваннома — це пухлина периферичної нервової системи, яка може походити з кількох типів клітин. Уміст пухлин відрізняється, сюди входять клітини Шванна, макрофаги, фібробласти, Т-клітини, судини й позаклітинний матрикс. Усі структури разом утворюють мікрооточення пухлини, що відіграватиме роль у рості й трансформації новоутворення [1]. Шваннома

часто трапляється у віці від 40 до 60 років. До 90 % таких шванном зазвичай розташовуються в ділянці вестибулярного нерва [2]. Вестибулярна шваннома (VS), відома як акустична невринома, є доброякісним утворенням, що виникає з клітин Шванна вестибулярної ділянки вестибуло-кохлеарного нерва. Проте інколи вона знаходиться в кохлеарній частині даного нерва. Даний вид новоутворень становить 6–7 % від усіх внутрішньоче-

 © 2023. 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: Стойка Ярослав Васильович, лікар-інтерн загальної практики — сімейної медицини Центру первинної медико-санітарної допомоги № 5 м. Вінниця, вул. Замостянська, 49, м. Вінниця, 21001, Україна; e-mail: jarikstojka@gmail.com, тел.: +380680788699

For correspondence: Yaroslav Stoika, resident of family medicine of Primary Health Care Center 5 of Vinnytsia, Zamostianska street, 49, Vinnytsia, 21001, Ukraine; e-mail: jarikstojka@gmail.com; tel.: +380680788699

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

репних пухлин [3]. Також у близько 10 % хворих з таким діагнозом додатково виявляються ознаки нейрофіброматозу типу 2 (NF2) [4].

VS може бути спорадичною знахідкою тоді, коли виникає однобічно. У випадках двобічних утворень пухлина входить до спадкового розладу нейрофіброматозу типу 2 з автосомно-домінантним типом успадкування. За даними J.D. Lee et al., близько 60 % однобічних і 90 % двобічних випадків асоційовані з мутацією гена *NF2* і порушенням функції його продукту — білка MERLIN (Moesin-ezrin-radixin-like protein) [5].

Незважаючи на те, що шваннома є доброякісним утворенням, вона може становити високий ризик через масивні розміри. Одним з найпоширеніших симптомів при акустичній неврині є прогресуюча сенсоневральна глухота, яка при спорадичному випадку утворення є однобічною й визначається за допомогою аудіометрії. Великі розміри VS можуть призвести до виникнення таких ускладнень, як гідроцефалія та здавлювання стовбура головного мозку [6]. За даними літератури, понад 20 % осіб повідомляють про раптову втрату слуху, а отже, значне зниження рівня соціального функціонування протягом життя зі встановленим діагнозом. Також потрібно розуміти, що через неспецифічні симптоми значна частина людей може не звертатись по допомогу взагалі й пов'язувати ознаки шванноми з іншими причинами [7]. Але інші джерела вказують, що частота виникнення однобічної глухоти сягає 95 % при VS [8].

Стандартним методом діагностики для верифікації такого діагнозу є магнітно-резонансне сканування, одночасно цей метод використовується для визначення точної локалізації та розмірів утворення. Лікування акустичних неврині проводиться залежно від розміру. Для цього було розроблено класифікацію розмірів пухлини: мала (< 1,5 см), середня (1,5–2,5 см), велика (> 2,5 см) [9].

Мета: огляд нових інформаційних джерел для більшого розуміння сутності такої пухлини, як вестибулярна шваннома, з акцентом на методи діагностики й тактику ведення пацієнтів з таким діагнозом.

Матеріали та методи

Було проведено початковий огляд інформаційних джерел згідно із сучасними рекомендаціями PRISMA 2020 [10]. Для здійснення літературного пошуку були використані такі наукометричні бази даних, як Web of Science, Scopus, PubMed, Elsevier і Springer. У початковому варіанті всі джерела були піддані аналізу на точність і правдивість даних, етичність і прийнятність результатів, і для подальшої роботи було відібрано 62 дослідження. Надалі всі відібрані джерела були додатково проаналізовані за допомогою попередньо розроблених критеріїв включення та виключення. Таким чином, для кінцевого огляду в список літератури були включені 46 інформаційних джерел.

Результати

Вестибулярна шваннома — порівняно рідкісний діагноз у типових лікарнях. Проте, на думку авторів, слід звернути увагу на цей патологічний стан, оскільки він

може як викликати низку ускладнень, що значно погіршують соціальний аспект життя пацієнта, так і трансформуватися в злоякісну форму, тактика ведення якої досі залишається неясною.

1. Гістологічні форми

Вестибулярна шваннома гістологічно походить від клітин Шванна. Хоча тривалий час вважалося, що за локалізацією вона може бути лише вестибулярною, зараз доведено, що вона може знаходитися в будь-якій частині восьмої пари черепних нервів [11]. VS були класифіковані ВООЗ як повільно прогресуючі пухлини I ступеня і розподілені на 2 моделі згідно з патогістологічними особливостями їх будови: Antoni A та Antoni B [12]. Інколи деякі пухлини мають змішані риси, що включають обидві моделі.

Ділянки Antoni A, які характеризуються переплетенням пучків веретеноподібних компактних клітин, переплітаються з гіпоцелюлярними ділянками Antoni B. Також для них характерна наявність тілець Верокаї, що являють собою ядра із зонами відростків клітин [13].

N. Pećina-Slaus et al. у своїй роботі чітко описали особливості Antoni A та Antoni B (рис. 1) [11].

2. Діагностика шванноми

Діагностика вестибулярної шванноми складається з оцінки симптомів, які можна поділити на дві категорії: отологічні й неврологічні. До перших належать глухота, шум і запаморочення. Серед неврологічних найчастішими є порушення трійчастого й лицевого нервів з відповідною клінічною картиною [14]. V.K. Gupta et al. звертають увагу на те, що понад 20 % тих, хто відвідує отоларинголога, мають ознаки мозочкового пошкодження. Даним хворим проводять чистотональну аудіометрію. Хоча такий метод є корисним, він уже не використовується в першій лінії обстеження через високий ризик неправильних результатів: хибнонегативний тест — до 30 % і хибнопозитивний — до 10 % [15].

Відповідно до даних дослідження M. Hentschel et al., золотим стандартом для діагностики вестибулярних шванном є магнітно-резонансна томографія (МРТ). Для оцінки післяопераційних результатів кращим вибором буде T1-зважене зображення з попереднім контрастуванням [16], хоча в цілому протокол МРТ для VS повинен включати додатково T2-зважене зображення. Вестибулярна шваннома при візуалізації являє собою тверду вузликкову масу, частина якої розташовується у внутрішньому слуховому каналі. Цей компонент уражає часто як сам канал, так і цистерну мозочка при достатніх розмірах [17]. VS порівняно з мозковою тканиною є ізоінтенсивною або гіпоінтенсивною на T1-зважених зображеннях. У випадку розвитку кісти вона завжди є гіпоінтенсивною. Поява гіперінтенсивних сигналів на T1-зваженому зображенні свідчатиме про внутрішньопухлинний крововилив. На T2-зважених зображеннях такі утворення зазвичай є гетерогенними й гіперінтенсивними [18]. Для класифікації шванноми

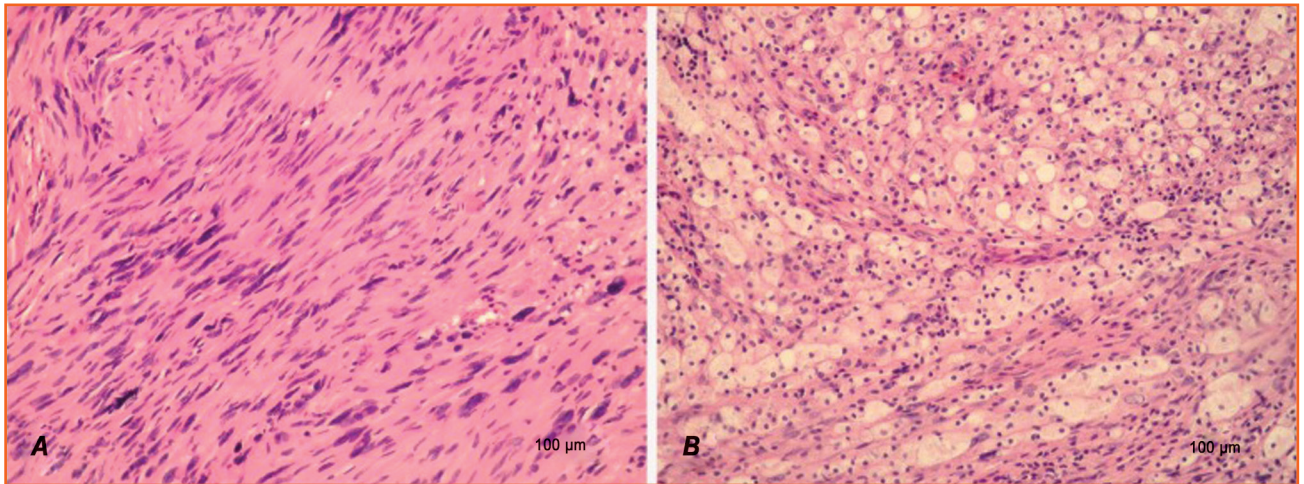


Рисунок 1. Вестибулярна шваннома: А) Antoni A. На зрізі відображаються веретеноподібні компактні клітини з видовженими гіперхромними ядрами без ядерців. Цитоплазма однорідна, еозинофільна. Клітини складаються в окремі пучки; В) Antoni B. Відзначаються ядерні палисади, тільця Верокаї. Основна частина утворення складається з не щільно розміщених шваннівських клітин. Наявна значна інфільтрація пінистими макрофагами. Ядра округлі, гіперхромні, дрібні, однорідні, мітотична активність у них відсутня

за даними МРТ існує спеціальна шкала Куса, яка характеризує екстракраніальне поширення утворення і ступінь здавлювання мозку. Відповідно до неї I відповідає внутрішньоканальцевому розташуванню, II — випинанню в сторону мосто-мозочкового кута, III — пухлина займає всю мозочкову цистерну без зміщення структур мозку, а IV — здавлювання стовбура мозку зі зміщенням [19].

3. Терапевтичні стратегії

У сучасних умовах основними методами терапії пацієнтів з вестибулярною шванномою є спостереження, хірургія, радіотерапія та медикаментозна генна терапія. Основною метою лікування є видалення або контроль росту пухлини з можливим її зменшенням [20].

3.1. Wait and Scan

Тактика Wait & Scan, за своєю суттю, є спостереженням пацієнтів з метою запобігання хірургічному лікуванню чи його відстрочення. Завдання такого інтервенційного методу полягає в контролі росту утворення та його впливу на слух задля вчасного й ефективного проведення операції за потреби. На жаль, не існує чітких параметрів, проте є опубліковані дослідження, у яких вказують низку ознак, що мали б передбачити ріст пухлини, але вони мають малу вибірку, через що їх не можна вважати абсолютно коректними [21]. Суть методу спостереження полягає в тому, що пацієнт за умови повного комплаєнсу виконуватиме кожне нове МРТ та аудіометрію кожні 6 місяців, це допомагає контролювати швидкість росту пухлини. В одному дослідженні було показано об'ємний темп росту шванноми протягом 6-річного періоду. Було помічено, що 66 % від загальної кількості шванном все ж таки мають певний ріст, при цьому близько 30 % були названі швидко зростаючими пухлинами, адже збільшувалися на 100 % за рік. J.V. Hunter et al. дослідили, що близько половини всіх акустичних невриниом будуть зростати в майбутньо-

му протягом наступних 5 років [22]. M.E. Sughrue et al. показали, що середнє максимальне зростання діаметра пухлини становить 2,9 мм/рік, при цьому на 3–4-й рік пацієнти найчастіше втрачають слух [23, 24].

3.2. Хірургія

Традиційно з початком епохи хірургії найбільш частим видом лікування була повна, абсолютна резекція пухлини, що водночас часто супроводжувалося порушенням функції нерва. На сучасному етапі все ще збережено повне видалення через кращі технічні можливості.

Згідно з результатами досліджень, ризик рецидивів становить до 0,5 % при повній резекції зі збереженням < 2 % залишків утворення. При цьому при видаленні від 95 до 98 % новоутворення (субтотальний метод) рецидив можливий у 18,4–73,9 % випадків [25, 26]. J.T. Jacob et al. у своїй роботі зі 103 спорадичними випадками шванноми показали, що при субтотальній резекції ризик повторного росту пухлини підвищувався у 13 разів порівняно з тотальною [27]. Однак при масивних розмірах пухлини необхідно порівняти нижчий ризик рецидивів з вищим ризиком порушення функції лицевого нерва й порушення слуху [28]. Саме тому для таких випадків Y. Iwai et al. вказують, що поєднання неповного видалення разом зі стереотаксичною хірургією має кращі результати. Тому цей напрямок є актуальним для подальших досліджень [29].

Хірургічний метод як основний використовується при III і IV класах за Кусом для усунення симптоматичних уражень чи потенційно небезпечного для життя масивного утворення. Також операція виконується і при менших розмірах пухлин за наявності кістозної дегенерації [30].

На даний момент використовуються три основні хірургічні доступи: через середню черепну ямку, транслабіринтний (TL) і ретросигмоїдний (RS). Перший

метод варто використовувати в пацієнтів з невеликими розмірами пухлини і великим бажанням зберегти слух. Він вимагає виконання скроневої краніотомії, розсічення твердої мозкової оболонки. Проте використання методу досить таки обмежене, потребує ретельного відбору пацієнтів, адже поширення пухлини нижче від поперечного гребеня погіршує доступ до неї [31]. Y. Ren et al. виявили, що слух швидше покращується при менших розмірах утворення і найоптимальнішим є його діаметр до 1 см. Недоліком методу є потенційне ураження лицевого нерва [32]. Використання ретро-сигмоїдного доступу теж має свої особливості. При такому підході виконується підпотиличний розріз, що оголює поперечний і сигмоподібний синуси головного мозку, а згодом і доступ до внутрішнього слухового проходу. Даний метод має позитивні результати в збереженні слухової функції, проте підвищує ризик ураження лицевого й кохлеарного нервів та інші вторинні ускладнення, як то менінгіти, витік спинномозкової рідини внаслідок маніпуляцій у черепній коробці [15]. Відповідно до результатів порівняльного аналізу RS і доступу через черепну ямку останній виявлявся більш безпечним: збереження слуху відмічалось в 34 проти 64 %, а досягнення кращого слуху — у 17 проти 52 % відповідно [33].

Транслабірентний метод належить до ретроаурикулярних і характеризується швидким доступом до внутрішнього слухового проходу. Це дозволяє обережно видалити шванному, не торкаючись мозочка. Проте через прямий доступ до внутрішнього вуха слух майже неможливо зберегти, саме тому застосування цього методу обмежується людьми з повною глухотою до операції [19]. S.F. Ansari et al. у своєму систематичному огляді 35 робіт повідомили, що при розмірах пухлини понад 1,5 см пошкодження функції лицевого нерва менші при RS доступі, ніж при TL. Також було досліджено, що постоперативні головні болі і швидкість витоку ліквору значно підвищувалися після застосування ретросигмоїдного методу [34]. M.E. Sughrue, I. Yang et al. у власному дослідженні показали, що транслабірентний підхід і його використання є досить ризикованим, натомість B.D. Mangus et al. не виявили жодної різниці між методами RS і TL [35, 36]. З RS доступом пов'язана менша частота порушень лицевого нерва порівняно з TL при розмірах пухлин 1,5–3 см (6,1 і 15,8 % відповідно). При утвореннях понад 3 см такий доступ теж був кращим — 30,2 проти 42,5 % [34].

Проте здебільшого немає єдиної думки щодо використання вказаних хірургічних методів. Тому це питання залишається відкритим і вирішується індивідуально залежно від ситуації пацієнта, оснащення операційних кімнат і навичок самого хірурга.

3.3. Радіохірургія

Променева терапія — один з основних методів лікування VS і NF2 VS. Метою її застосування є зупинка росту й збереження результатів лікування. Крім того, даний метод має нижчу захворюваність порівняно з хірургічним [37].

Основними методами променевої терапії є однофракційна стереотаксична радіохірургія (SRS) і фракціонована стереотаксична променева терапія (FSRT) [38]. На сучасному етапі стереотаксична радіотерапія являє собою доставку високих доз опромінення з відповідною високою точністю. Зазвичай цей вид лікування використовується для вестибулярних шванном малого й середнього розміру. Променева радіохірургія також є компонентом комбінованого виду лікування при пухлинах більших розмірів [20]. Проте існують пухлини, які не реагують на такий спосіб терапії, саме тому в подібних випадках рефрактерності необхідні додаткові методи. Встановлено, що розміри утворення понад 15 см є поганою прогностичною ознакою для життя і лікування пацієнта [39].

Серед трьох способів променевої терапії найпоширенішим є SRS. При цьому може використовуватись гамма-ніж або CyberKnife. SRS, яка використовує гамма-ніж, є точною високодозовою терапією зі швидким зниженням сили опромінення. Оскільки даний метод передбачає одноразове опромінення, це значно економить час, а також дозволяє контролювати локальний ріст пухлини на 92 % [19]. Схожі результати підтвердили K. Ding et al. у своєму метааналізі після опромінення швидкозростаючого типу шванном за допомогою радіохірургії, де також отримали результат 92 %, для пацієнтів після застосування гамма-ножа така частка становила 93 % (95% довірчий інтервал: 88–95 %) [40]. J.M. Frischer et al. оцінювали слух при шванномі до і після лікування гамма-ножем. У цьому випадку тільки 55 % обстежуваних з нормальним слухом до лікування зберігали його на наступні 2 роки. При спостереженні протягом 10 років частка їх знижувалася до 34 % [41]. Декілька років новизна даного методу лякала практичних клініцистів, але зараз SRS прийнята як альтернативний варіант лікування при первинних спорадичних шванномах і тих, що асоціюються з нейрофіброматозом 2-го типу. Метааналіз показав, що в 70,2 проти 50,3 % зберігалася нормальна функція слуху, рівень контролю утворення становив 96,2 проти 98,7 % при порівнянні стереотаксичної радіохірургії та оперативного втручання для малих VS [42]. Як вказує R. Goldbrunner et al., п'ять досліджень проспективного характеру також підтверджують, що саме SRS є більш ефективною та має кращі результати щодо функції слуху і збереження функціональності лицевого нерва в пацієнтів з пухлиною до 3 см порівняно з видаленням такої пухлини [43].

Стереотаксична радіохірургія за допомогою CyberKnife використовує дози від 11 до 14 Гр. Як показав аналіз 800 пацієнтів з VS, після застосування в таких хворих лікування променевим способом з CyberKnife спостерігалися позитивні результати. Протягом періоду спостереження 6–120 місяців відзначався добрий контроль пухлини й незначні побічні дії від терапії. Рівень рентген-контролю шванном коливався від 74 до 100 %. Показники контрольованості утворення були більшими для малих новоутворень I класу за Кусом, ніж для II і вище класу, рівень збереження слухової функції сягав 85 і 75 % відповідно [44].

Щодо методу лікування FSRT, то в ретроспективному дослідженні 93 пацієнтів рівень контролю пухлини становив 92 %. У 7 пацієнтів були відомості про ускладнення щодо слухової функції, в 1 розвинулась дисфункція трійчастого нерва, а ще в 1 % — лицевого. Також у 4 % відмічалась гідроцефалія, а некроз стовбура відмічався всього в 1 % пацієнтів [45]. У нещодавньому систематичному огляді при порівнянні FRST і SRS контрольованість пухлини відзначалася в 4,8 і 5 % пацієнтів відповідно. Проте для стереотаксичної радіохірургії спостерігалася менша кількість ускладнень чи побічних ефектів, пов'язаних з функціями лицевого та трійчастого нервів [46].

Однак нагадуємо, що чітких рекомендацій щодо тактики ведення вестибулярних шванном досі не існує.

Висновки

Отже, вестибулярна шваннома є досить серйозним діагнозом через підвищений ризик виникнення ускладнень. Проте стандартизованої тактики ведення пацієнтів досі немає. За результатами нашого дослідження, ріст пухлини в бік мосто-мозочкового кута багато в чому визначає способи лікування хворих. Доброякісність пухлини дає можливість спостерігати пацієнтів з обов'язковим регулярним контролем її. В інших випадках найбільш часто використовується хірургічний і радіотерапевтичний методи. Відповідно до проведеного аналізу ми підтвердили, що за наявності клінічних показань можлива комбінація різних терапевтичних стратегій, що дозволяє отримати позитивні клінічні ефекти. Проте, на нашу думку, в перспективі подальших досліджень має постати питання генної таргетної терапії, яка, можливо, усунула б побічні впливи після операцій чи радіохірургії.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Інформація про внесок кожного автора. Лисенко С.А. — концепція та ідея огляду; Лисенко Н.М. — збирання матеріалів; Стойка Я.В. — аналіз отриманих даних і написання тексту; Ботаневич Є.О. — дизайн.

References

1. Helbing DL, Schulz A, Morrison H. Pathomechanisms in schwannoma development and progression. *Oncogene*. 2020 Aug;39(32):5421-5429. doi: 10.1038/s41388-020-1374-5.
2. Nonaka Y, Fukushima T, Watanabe K, et al. Contemporary surgical management of vestibular schwannomas: analysis of complications and lessons learned over the past decade. *Neurosurgery*. 2013 Jun;72(Suppl Operative 2):103-115; discussion 115. doi: 10.1227/NEU.0b013e3182752b05.
3. Rosahl S, Bohr C, Lell M, Hamm K, Iro H. Diagnosis and management of vestibular schwannomas - an interdisciplinary Challenge. *Laryngorhinootologie*. 2017 Apr;96(S 01):S152-S182. German. doi: 10.1055/s-0042-122386.
4. Slattery WH. Neurofibromatosis type 2. *Otolaryngol Clin North Am*. 2015 Jun;48(3):443-460. doi: 10.1016/j.otc.2015.02.005.
5. Lee JD, Kwon TJ, Kim UK, Lee WS. Genetic and epigenetic alterations of the NF2 gene in sporadic vestibular schwannomas. *PLoS One*. 2012;7(1):e30418. doi: 10.1371/journal.pone.0030418.
6. Sweeney AD, Carlson ML, Shepard NT, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on Otologic and Audiologic Screening for Patients with Vestibular Schwannomas. *Neurosurgery*. 2018 Feb 1;82(2):E29-E31. doi: 10.1093/neuros/nyx509.
7. Zhou F, Yu B, Ma Y, et al. A bibliometric and visualization analysis of global research on vestibular schwannoma. *Am J Transl Res*. 2023 Feb 15;15(2):755-778.
8. Żurek M, Wojciechowski T, Niemczyk K. Nationwide clinico-epidemiological treatment analysis of adult patients with tumors of cerebellopontine angle and internal acoustic meatus in Poland during 2011-2020. *BMC Public Health*. 2023 Sep 6;23(1):1735. doi: 10.1186/s12889-023-16551-5.
9. Sass H, Cayé-Thomasen P. Contemporary molecular biology of sporadic vestibular schwannomas: a systematic review and clinical implications. *J Int Adv Otol*. 2018 Aug;14(2):322-329. doi: 10.5152/iao.2018.4929.
10. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021 Mar 29;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
11. Pećina-Slaus N, Zeljko M, Pećina HI, et al. Frequency of loss of heterozygosity of the NF2 gene in schwannomas from Croatian patients. *Croat Med J*. 2012 Aug;53(4):321-327. doi: 10.3325/cmj.2012.53.321.
12. Komori T. The 2016 WHO Classification of Tumours of the Central Nervous System: The Major Points of Revision. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2017 Jul 15;57(7):301-311. doi: 10.2176/nmc.ra.2017-0010.
13. Harter PN, Weber KJ, Ronellenfitsch MW. Histological and molecular characteristics of tumours of the peripheral nervous system. *Pathologie (Heidelb)*. 2023 May;44(3):197-208. German. doi: 10.1007/s00292-023-01198-1.
14. Halliday J, Rutherford SA, McCabe MG, Evans DG. An update on the diagnosis and treatment of vestibular schwannoma. *Expert Rev Neurother*. 2018 Jan;18(1):29-39. doi: 10.1080/14737175.2018.1399795.
15. Gupta VK, Thakker A, Gupta KK. Vestibular schwannoma: what we know and where we are heading. *Head Neck Pathol*. 2020 Dec;14(4):1058-1066. doi: 10.1007/s12105-020-01155-x.
16. Hentschel M, Scholte M, Steens S, Kunst H, Rovers M. The diagnostic accuracy of non-imaging screening protocols for vestibular schwannoma in patients with asymmetrical hearing loss and/or unilateral audiovestibular dysfunction: a diagnostic review and meta-analysis. *Clin Otolaryngol*. 2017 Aug;42(4):815-823. doi: 10.1111/coa.12788.
17. Ahn SJ, Yoo MR, Suh SH, et al. Gadolinium enhanced 3D proton density driven equilibrium MR imaging in the evaluation of cisternal tumor and associated structures: comparison with balanced fast-field-echo sequence. *PLoS One*. 2014 Jul 22;9(7):e103215. doi: 10.1371/journal.pone.0103215.
18. Strasilla C, Sychra V. Imaging-based diagnosis of vestibular schwannoma. *HNO*. 2017 May;65(5):373-380. German. doi: 10.1007/s00106-016-0227-6.
19. Yildiz E, Dahm V, Matula C, Arnoldner C. Vestibular schwannoma: Diagnosis-Therapy-Aftercare. *Wien Med Wochenschr*. 2022 Feb;172(1-2):2-7. German. doi: 10.1007/s10354-020-00800-y.
20. Yao L, Alahmari M, Temel Y, Hovinga K. Therapy of Sporadic and NF2-Related Vestibular Schwannoma. *Cancers (Basel)*.

2020 Mar 31;12(4):835. doi: 10.3390/cancers12040835.

21. Paldor I, Chen AS, Kaye AH. Growth rate of vestibular schwannoma. *J Clin Neurosci*. 2016 Oct;32:1-8. doi: 10.1016/j.jocn.2016.05.003.

22. Hunter JB, Francis DO, O'Connell BP, et al. Single Institutional Experience with Observing 564 Vestibular Schwannomas: Factors Associated with Tumor Growth. *Otol Neurotol*. 2016 Dec;37(10):1630-1636. doi: 10.1097/MAO.0000000000001219.

23. Sughrue ME, Yang I, Aranda D, et al. The natural history of untreated sporadic vestibular schwannomas: a comprehensive review of hearing outcomes. *J Neurosurg*. 2010 Jan;112(1):163-167. doi: 10.3171/2009.4.JNS08895.

24. Tveiten OV, Carlson ML, Goplen F, Vassbotn F, Link MJ, Lund-Johansen M. Long-term Auditory Symptoms in Patients With Sporadic Vestibular Schwannoma: An International Cross-Sectional Study. *Neurosurgery*. 2015 Aug;77(2):218-227; discussion 227. doi: 10.1227/NEU.0000000000000760.

25. Chen Z, Prasad SC, Di Lella F, et al. The behavior of residual tumors and facial nerve outcomes after incomplete excision of vestibular schwannomas. *J Neurosurg*. 2014 Jun;120(6):1278-1287. doi: 10.3171/2014.2.JNS131497.

26. Iannella G, de Vincentiis M, Di Gioia C, et al. Subtotal resection of vestibular schwannoma: Evaluation with Ki-67 measurement, magnetic resonance imaging, and long-term observation. *J Int Med Res*. 2017 Jun;45(3):1061-1073. doi: 10.1177/0300060516686873.

27. Jacob JT, Carlson ML, Driscoll CL, Link MJ. Volumetric analysis of tumor control following subtotal and near-total resection of vestibular schwannoma. *Laryngoscope*. 2016 Aug;126(8):1877-1882. doi: 10.1002/lary.25779.

28. Gurgel RK, Dogru S, Amdur RL, Monfared A. Facial nerve outcomes after surgery for large vestibular schwannomas: do surgical approach and extent of resection matter? *Neurosurg Focus*. 2012 Sep;33(3):E16. doi: 10.3171/2012.7.FOCUS12199.

29. Iwai Y, Ishibashi K, Watanabe Y, Uemura G, Yamanaka K. Functional Preservation After Planned Partial Resection Followed by Gamma Knife Radiosurgery for Large Vestibular Schwannomas. *World Neurosurg*. 2015 Aug;84(2):292-300. doi: 10.1016/j.wneu.2015.03.012.

30. Vivas EX, Carlson ML, Neff BA, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on Intraoperative Cranial Nerve Monitoring in Vestibular Schwannoma Surgery. *Neurosurgery*. 2018 Feb 1;82(2):E44-E46. doi: 10.1093/neuros/nyx513.

31. Goddard JC, Schwartz MS, Friedman RA. Fundal fluid as a predictor of hearing preservation in the middle cranial fossa approach for vestibular schwannoma. *Otol Neurotol*. 2010 Sep;31(7):1128-1134. doi: 10.1097/MAO.0b013e3181e8fc3f.

32. Ren Y, Merna CM, Tawfik KO, Schwartz MS, Friedman RA. Auditory Brain Stem Response Predictors of Hearing Outcomes after Middle Fossa Resection of Vestibular Schwannomas. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2021 Jan 21;83(5):496-504. doi: 10.1055/s-0040-1722718.

33. Hadjipanayis CG, Carlson ML, Link MJ, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on Surgical Resection for the Treatment of Patients With Vestibular Schwannomas. *Neurosurgery*. 2018 Feb 1;82(2):E40-E43. doi: 10.1093/neuros/nyx512.

34. Ansari SF, Terry C, Cohen-Gadol AA. Surgery for vestibular schwannomas: a systematic review of complications by approach.

Neurosurg Focus. 2012 Sep;33(3):E14. doi: 10.3171/2012.6.FOCUS12163.

35. Sughrue ME, Yang I, Aranda D, et al. Beyond audiotactile morbidity after vestibular schwannoma surgery. *J Neurosurg*. 2011 Feb;114(2):367-374. doi: 10.3171/2009.10.JNS091203.

36. Mangus BD, Rivas A, Yoo MJ, et al. Management of cerebrospinal fluid leaks after vestibular schwannoma surgery. *Otol Neurotol*. 2011 Dec;32(9):1525-1529. doi: 10.1097/MAO.0b013e318232e4a4.

37. Owen H, Holder D, Alonso J, Mackay R. Technologies for delivery of proton and ion beams for radiotherapy. *International Journal of Modern Physics A*. 2014;29(14):1441002. doi: 10.1142/s0217751x14410024.

38. Apicella G, Paolini M, Deantonio L, Masini L, Krengli M. Radiotherapy for vestibular schwannoma: Review of recent literature results. *Rep Pract Oncol Radiother*. 2016 Jul-Aug;21(4):399-406. doi: 10.1016/j.rpor.2016.02.002.

39. Huang CW, Tu HT, Chuang CY, et al. Gamma Knife radiosurgery for large vestibular schwannomas greater than 3 cm in diameter. *J Neurosurg*. 2018 May;128(5):1380-1387. doi: 10.3171/2016.12.JNS161530.

40. Ding K, Ng E, Romiy P, et al. Meta-analysis of tumor control rates in patients undergoing stereotactic radiosurgery for cystic vestibular schwannomas. *Clin Neurol Neurosurg*. 2020 Jan;188:105571. doi: 10.1016/j.clineuro.2019.105571.

41. Frischer JM, Gruber E, Schffmann V, et al. Long-term outcome after Gamma Knife radiosurgery for acoustic neuroma of all Koos grades: a single-center study. *J Neurosurg*. 2018 Mar 2:1-10. doi: 10.3171/2017.8.JNS171281.

42. Maniakas A, Saliba I. Microsurgery versus stereotactic radiation for small vestibular schwannomas: a meta-analysis of patients with more than 5 years' follow-up. *Otol Neurotol*. 2012 Dec;33(9):1611-1620. doi: 10.1097/MAO.0b013e31826dbd02.

43. Goldbrunner R, Weller M, Regis J, et al. EANO guideline on the diagnosis and treatment of vestibular schwannoma. *Neuro Oncol*. 2020 Jan 11;22(1):31-45. doi: 10.1093/neuonc/noz153.

44. Mahboubi H, Sahyouni R, Moshtaghi O, et al. CyberKnife for Treatment of Vestibular Schwannoma: A Meta-analysis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017 Jul;157(1):7-15. doi: 10.1177/0194599817695805.

45. Woolf DK, Williams M, Goh CL, et al. Fractionated stereotactic radiotherapy for acoustic neuromas: long-term outcomes. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2013 Dec;25(12):734-738. doi: 10.1016/j.clon.2013.08.002.

46. Persson O, Bartek J Jr, Shalom NB, Wangerid T, Jakola AS, Frander P. Stereotactic radiosurgery vs. fractionated radiotherapy for tumor control in vestibular schwannoma patients: a systematic review. *Acta Neurochir (Wien)*. 2017 Jun;159(6):1013-1021. doi: 10.1007/s00701-017-3164-6.

Отримано/Received 10.10.2023

Рецензовано/Revised 16.11.2023

Прийнято до друку/Accepted 20.11.2023 ■

Information about authors

S.A. Lysenko, MD, PhD, professor of the department of Oncology, X-ray diagnostics and therapy, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: lysenkoserhii38@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2556-2256>

N.M. Lysenko, teacher of the Department of Otorhinolaryngology, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: lysenkonata1601@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0008-8661-0227>

Y.V. Stoika, resident of family medicine of Primary Health Care Center 5 of Vinnytsia, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: jarikstojka@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3676-3961>

Y.O. Botanevych, resident surgeon of Vinnytsia Clinical Hospital 1, Ukraine, Vinnytsia; e-mail: y.botanevych@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2891-9620>

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.

Authors' contribution. S.A. Lysenko — concept and idea of the review; N.M. Lysenko — collection of materials; Y.V. Stoika — analysis of the obtained data and text writing; Y.O. Botanevych — design.

S.A. Lysenko¹, N.M. Lysenko¹, Y.V. Stoika², Y.O. Botanevych³

¹National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

²Primary Health Care Center 5 of Vinnytsia, Vinnytsia, Ukraine

³Vinnytsia Clinical Hospital 1, Vinnytsia, Ukraine

Principles of diagnosis and treatment of vestibular schwannoma: a literature review

Abstract. Background. Vestibular schwannoma is a formation of Schwann cells in the vestibulocochlear zone. Despite the benign nature of the tumor, it carries risks for life, as its massiveness poses a threat to intracranial structures and their functional capacity. The purpose of the study is to conduct an analysis of modern information on the diagnosis and methods of treatment of schwannoma. **Materials and methods.** A literature search using keywords was conducted in Web of Science, Scopus, PubMed, Elsevier, and Springer databases. **Results.** In most cases, vestibular schwannoma is diagnosed after a number of symptoms are detected such as dizziness, hearing loss, etc. According to modern research, magnetic resonance imaging and audiogram are the most informative and at the same time gold standard for diagnosis, and verification is carried out based on pathohistology. Most schwannomas are clinically stable; however, when analyzing the information, the main approaches in the presence of such a diagnosis were determined.

The safest and most non-invasive one is observation, with control of the dynamics of the clinical picture and the size of the formation. However, there are several surgical techniques for complete tumor removal. The most common of them is access through the middle cranial fossa, which, unfortunately, has several limitations. Translabyrinthine and retrosigmoid approaches are also used. The choice of treatment depends on the size, growth and symptoms of the patients. Radiotherapy is one of the relatively new methods of treatment, it is sometimes combined with a surgery. **Conclusions.** Thus, vestibular schwannoma requires active monitoring and the use of other treatment methods. In the presence of clinical indications, a combination of different types of treatment allows achieving positive therapeutic outcomes. A perspective for future research is the study of targeted gene therapy.

Keywords: vestibular schwannoma; treatment; surgery; radiosurgery; diagnosis; review