

© Team of authors, 2024 / © Коллектив авторов, 2024

3.1.9. Surgery, 3.1.3. Otorhinolaryngology / 3.1.9. Хирургия, 3.1.3. Оториноларингология

Clinical and anatomical rationale for brainstem implantation in deafness

Kh.M. Diab^{1,2}, N.A. Daikhes^{1,2}, V.V. Belousov^{2,3,4},
O.A. Pashchinina¹, O.S. Panina¹, M. Hariri¹

¹Federal State Budgetary Institution The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

²The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

³Shemyakin & Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Molecular Technologies, Moscow, Russia

⁴Federal State Budgetary Institution "Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies" of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contacts: Olga Sergeevna Panina – e-mail: dr.panina@gmail.com

Клиническое и топографо-анатомическое обоснование проведения стволомозговой имплантации при глухоте

Х.М. Диаб^{1,2}, Н.А. Дайхес^{1,2}, В.В. Белоусов^{2,3,4,5},
О.А. Пашчинина¹, О.С. Панина¹, М. Харири¹

¹НМИЦ оториноларингологии ФМБА РФ, Москва, Россия

²РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

³Институт биорганической химии им. акад. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Лаборатория молекулярных технологий, Москва, Россия

⁴Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

⁵Федеральный центр мозга и нейротехнологий, Москва, Россия

Контакты: Панина Ольга Сергеевна – e-mail: dr.panina@gmail.com

临床与解剖学基础：脑干植入术在耳聋治疗中的应用

Kh.M. Diab^{1,2}, N.A. Daikhes^{1,2}, V.V. Belousov^{2,3,4},
O.A. Pashchinina¹, O.S. Panina¹, M. Hariri¹

¹俄罗斯联邦生物医学署国家耳鼻喉科学医学研究中心, 莫斯科, 俄罗斯

²的俄罗斯国立医学研究大学, 莫斯科, 俄罗斯

³命名的生物有机化学研究所分子技术实验室, 莫斯科, 俄罗斯

⁴俄罗斯联邦脑与神经技术中心, 莫斯科, 俄罗斯

联系方式: Olga Sergeevna Panina – 邮箱: dr.panina@gmail.com

The aim of the study: to investigate the microsurgical anatomy of the cochlear nuclei, the anatomy of the brainstem visible through the translabyrinthine and retrosigmoid accesses during auditory brainstem implantation.

Material and methods. The study of the surgical anatomy of the cerebellopontine cistern (CPC) was performed at the National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency (RF) on 10 cadavers (10 heads – 20 sides). Translabyrinthine and retrosigmoid accesses to the CPC were performed with identification of the lateral recess and foramen of Luschka. Brainstem structures that provide an anatomic basis for brainstem implantation were studied on 2 formalin-fixed adult cadaver brain preparations.

Results. Both translabyrinthine and retrosigmoid accesses make it possible to perform brainstem implantation in the cochlear nuclei. The translabyrinthine approach provides an access (without cerebellar retraction) and a direct view of the ventral cochlear nuclei and foramen of Luschka. By lifting the flocculus, opening the choroid plexus, it is possible to reach the dorsal cochlear nucleus in the lateral recess. Identification of the lateral recess from below may provide better access to the cochlear nuclei in cases where the standard lateral landmarks adjacent to the foramen of Luschka are deformed. However, opening the lateral recess from below increases the risks of caudal migration of the implant electrode.

Conclusions. Detailed knowledge of the anatomy according at different accesses can improve surgical planning and surgical results.

Keywords: auditory brainstem implantation, hearing rehabilitation, cadaver dissection, cerebellopontine angle anatomy, cochlear nucleus

Conflicts of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding. There was no funding for this study

For citation: Diab Kh.M., Daikhes N.A., Belousov V.V., Pashchinina O.A., Panina O.S., Hariri M. Clinical and anatomical rationale for brainstem implantation in deafness. Head and neck. Russian Journal. 2024;12(4):95–104

Doi: 10.25792/HN.2024.12.4.95-104

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

Цель исследования: изучить микрохирургическую анатомию ядер улитки, анатомию ствола головного мозга (ГМ), видимую через транслабиринтный и ретросигмовидный доступы при выполнении стволотомозговой имплантации.

Материал и методы. Исследование анатомии мостомозжечковой цистерны (ММЦ) было проведено в НМИЦ оториноларингологии ФМБА РФ на 10 кадаверных препаратах (10 голов – 20 сторон). Выполнены транслабиринтный и ретросигмовидный доступы к ММЦ с идентификацией латерального кармана и отверстия Люшка. На 2 фиксированных формалином препаратах ГМ взрослых трупов изучены структуры ствола ГМ, которые обеспечивают анатомическую основу для стволотомозговой имплантации.

Результаты. Оба доступа – транслабиринтный и ретросигмовидный, дают возможность для выполнения стволотомозговой имплантации в области кохлеарных ядер. Транслабиринтный подход обеспечивает доступ (без ретракции мозжечка) и прямой обзор вентральных ядер улитки и отверстия Люшка, при приподнятии клочка мозжечка, открытии сосудистого сплетения, возможно достижение дорсального ядра улитки в латеральном кармане. Ретросигмовидный доступ обеспечивает вид сзади к латеральному карману. Идентификация латерального кармана снизу может обеспечить лучший доступ к ядрам улитки в случае, если стандартные латеральные ориентиры, прилегающие к отверстию Люшка, были деформированы. Однако открытие латерального кармана снизу повышает риски каудальной миграции электрода имплантата.

Выводы. Детальное знание особенностей анатомии при различных доступах позволяет улучшить хирургическое планирование и результаты хирургического воздействия.

Ключевые слова: слуховая стволотомозговая имплантация, слуховая реабилитация, кадаверная диссекция, анатомия мостомозжечковой цистерны, кохлеарные ядра

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Диаб Х.М., Дайхес Н.А., Белоусов В.В., Пашчинина О.А., Панина О.С., Харири М. Клиническое и топографо-анатомическое обоснование проведения стволотомозговой имплантации при глухоте. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2024;12(4):95–104

Doi: 10.25792/HN.2024.12.4.95-104

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

研究目的: 研究耳蜗核的显微外科解剖学特征, 以及通过经迷路和乙状窦后入路进行脑干植入术时脑干的解剖结构。

材料与方法: 在俄罗斯联邦生物医学署国家耳鼻喉科学医学研究中心, 使用10具尸体标本(10个头部, 20侧)对桥小脑角池(MMT)的解剖结构进行了研究。通过经迷路和乙状窦后入路对MMT进行解剖, 识别外侧隐窝及Luschka孔。在2具经福尔马林固定的成人尸体脑干标本上, 研究了脑干的解剖结构, 为脑干植入术提供解剖学依据。

结果: 经迷路和乙状窦后入路均可用于耳蜗核区域的脑干植入术。经迷路入路无需牵拉小脑即可直接观察耳蜗腹侧核及Luschka孔, 通过抬起小脑绒球并打开脉络丛, 可到达外侧隐窝中的耳蜗背侧核。乙状窦后入路则提供了从后方观察外侧隐窝的视野。当Luschka孔周围的标准外侧标志发生变形时, 从下方识别外侧隐窝可为耳蜗核提供更好的手术通路。然而, 从下方打开外侧隐窝可能增加植入电极尾侧移位的风险。

结论: 对不同手术入路的解剖特征的详细了解, 有助于优化手术计划并改善手术效果。

关键词: 听觉脑干植入术, 听觉康复, 尸体解剖, 桥小脑角池解剖, 耳蜗核

利益冲突声明: 作者声明不存在利益冲突。

资助声明: 本研究未获得任何资助支持。

引用格式: Diab Kh.M., Daikhes N.A., Belousov V.V., Pashchinina O.A., Panina O.S., Hariri M. Clinical and anatomical rationale for brainstem implantation in deafness. *Head and neck. Russian Journal.* 2024;12(4):95–104

Doi: 10.25792/HN.2024.12.4.95-104

作者声明: 作者对所提供数据的原创性及插图(表格、图片、患者照片)的发表合法性负责。

Введение

Восстановление и реабилитацию слуха, как важный процесс социального взаимодействия, следует рассматривать крайне необходимым в жизни пациента, страдающего глухотой. Несмотря на значительный прогресс в отохирургической технике и возможности кохлеарной имплантации (КИ), пациенты, у которых периферическая стимуляция слуховой функции является неэффективной, фактически лишены возможности слухоречевой реабилитации. КИ может быть неэффективна после удаления спорадических вестибулярных шванном, хирургической резекции опухолей при нейрофиброматозе 2 типа (NF2), тотальной оссификации улитки, а также грубых вариантах аномалий развития внутреннего уха (аплазия Мишель, рудиментарный пузырек, аплазия улитки, аномалии апертуры улитки). В этой ситуации реабилитация возможна посредством прямой электрической стимуляции вентрального и дорсального ядер улитки на уровне ствола головного мозга (ГМ) с использованием слуховой стволомозговой имплантации (ССМИ).

Материал и методы

Исследование анатомии мостомозжечковой цистерны (ММЦ) было проведено в НМИЦ оториноларингологии ФМБА РФ после согласования с этическим комитетом учреждения. Под микроскопом Zeiss Pentero выполнены все этапы транслабиринтного, ретросигмовидного доступа на 10 кадаверных препаратах (10 голов – 20 сторон). Во всех случаях были определены анатомические ориентиры в структуре пирамиды височной кости и петроокципитальной области. Идентифицированы основные структуры ствола ГМ и ММЦ. Важно отметить, что степень ретракции, необходимая для визуализации трупных структур при диссекции, не соответствовала реальному оперативному опыту размещения стволомозгового импланта. На 2 фиксированных формалином препаратах ГМ взрослых трупов изучены структуры ствола ГМ, которые обеспечивают анатомическую основу для стволомозговой имплантации.

Результаты

Мостомозжечковая цистерна

Мостомозжечковому углу соответствует большая, или ММЦ – наиболее крупное расширение субарахноидального пространства (расхождение паутинной и мягкой мозговых оболочек). В эту цистерну выходят вестибулокохлеарный и лицевой нервы из медиального отверстия внутреннего слухового прохода, поэтому понимание пространства мостомозжечкового угла имеет такую ценность для отохирурга и специалистов, занимающихся хирургией латерального основания черепа.

ММЦ – это расширение субарахноидального пространства между латеральной долей мозжечка, средней ножкой мозжечка, латеральными отделами моста медиально и височной костью латерально. Плоскость ВСП делит ММЦ на 4 отдела и центральную зону, противоположную его просвету. В аксиальной плоскости ВСП делят ММЦ на передний и задний отделы, в коронарной плоскости – на 3 этажа: верхний, средний и нижний. Передний отдел (он же премеатальный) граничит с препонтинной цистерной и содержит IV–VI черепно-мозговые нервы (ч.м.н.) и ветви верхней мозжечковой (superior cerebellar a., SCA, VMA), передней нижней мозжечковой (anterior inferior cerebellar a., AICA, ПНМА) и задней нижней мозжечковой артерий (posterior

inferior cerebellar a., PICA, ЗНМА). Препонтинная цистерна представляет собой расширение субарахноидального пространства между вентролатеральным и вентральным мостом, височной артерией и скатом. Задний отдел (он же постмеатальный) содержит латеральную долю мозжечка и дистальные ветви вышеупомянутых артерий. Верхний отдел (он же супрамеатальный) располагается над плоскостью ВСП до уровня намета мозжечка. Нижний отдел (также известный как инфрамеатальный) содержит IX–XII ч.м.н. Исходя из особенностей кровоснабжения, мостомозжечковый угол можно рассматривать, как описывалось выше, как 3 отдела: верхний, средний и нижний. Верхний отдел содержит глазодвигательный, блоковый и тройничный нервы, а также верхнюю мозжечковую артерию, которая проходит в мозжечково-мезэнцефальной борозде. Средний отдел содержит ПНМА в мостомозжечковой, контактирующую с VI, VII и VIII ч.м.н. Нижний отдел содержит ЗНМА в мозжечково-мозговой щели, сопровождаемую языкоглоточным, блуждающим и добавочным нервами. Наиболее краниальными структурами вентральной поверхности продолговатого мозга являются пирамиды кортикоспинального пирамидного пути и олива. Наиболее каудальной структурой является перекрест кортикоспинального пирамидного пучка, расположенный на участке между каудальными корешками подъязычного нерва (XII) и наиболее краниальными корешками первого спинномозгового нерва (C1).

Кохлеарные ядра

Улитковый нерв и ядра расположены в мостомозжечковом углу, в V-образном угловом пространстве, образованном петрозальной поверхностью мозжечка и мостом. Эта угловая щель, также называемая мостомозжечковой щелью, имеет верхние и нижние отделы, которые сходятся латерально на вершине, расположенной на заднем крае средней мозжечковой ножки. Верхний отдел мостомозжечковой щели сообщается через мозжечково-энцефалическую щель со средним мозгом, а нижний отдел сообщается с продолговатым мозгом через мозжечково-медуллярную щель. Верхняя часть нижнего колена мостомозжечковой щели и латеральный карман четвертого желудочка расположены кзади от места выхода IX–XI черепных нервов, IX и X выходят из ствола мозга каудальнее акустико-фациальной группы и сразу вентральнее отверстия Люшка. Вестибулокохлеарный нерв входит в ствол мозга рострально от флоккула и отверстия Люшка, вестибулярный нерв ростровентрально и улитковый нерв дорсокаудально (рис. 1). Латеральный карман представляет собой узкое изогнутое пространство, которое открывается латерально в мостомозжечковый угол позади и ниже нижней ножки мозжечка (рис. 2). Ромбовидная складка представляет собой полоску нервной ткани, расположенную дорсальнее IX и X ч.м.н., которая образует вентральную поверхность отверстия Люшка и латерального углубления. Не отмечалось закрытия (непроходимость) отверстия Люшка на всех диссекционных препаратах. Дорсальные и вентральные ядра улитки расположены у корешка улиткового нерва в районе понтомедуллярного соединения. При открытии ромбовидной складки и латерального кармана открывается область вентральных и дорсальных ядер улитки. Вентральные ядра улитки расположены частично кнутри и частично снаружи от отверстия Люшка и латерального кармана на латеральной поверхности нижней ножки мозжечка. Дорсальные ядра улитки расположены в верхней части дна бокового кармана, где образуется выступ, или слуховой бугорок. Отодвигание миндалины мозжечка от продолговатого мозга обнажает ключок, латеральный карман, нижнюю ножку мозжечка, ромбовидную складку,

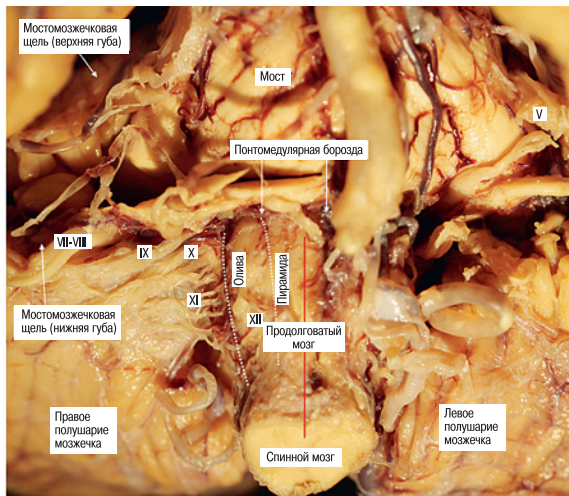


Рис. 1. Ствол ГМ и его структуры

V – тройничный нерв; VII–VIII – акустиколицевая группа нервов; IX – языкоглоточный нерв; X – блуждающий нерв; XI – добавочный нерв; XII – подъязычный нерв.

Figure 1. Brain stem and its structures

V – trigeminal nerve; VII–VIII – acoustic and facial nerve group; IX – glossopharyngeal nerve; X – vagus nerve; XI – accessory nerve; XII – hypoglossal nerve.

сосудистую оболочку, к которой прикрепляется сосудистое сплетение. Теловелярное соединение – это место соединения хориоидных тел и нижнего мозгового паруса, образующее нижнюю стенку латерального кармана. Вскрытие теловелярного соединения обнажает латеральный карман, дорсальное ядро улитки и часть вентральных ядер улитки медиальнее отверстия Люшка, что позволяет определить наиболее точное место для расположения электродной решетки (рис. 3).

Нижние холмики

Нижний холмик расположен ниже намета в цистерне четверохолмия на задней поверхности среднего мозга. Мозжечково-энцефалическая щель, которая сообщается латерально с мосто-

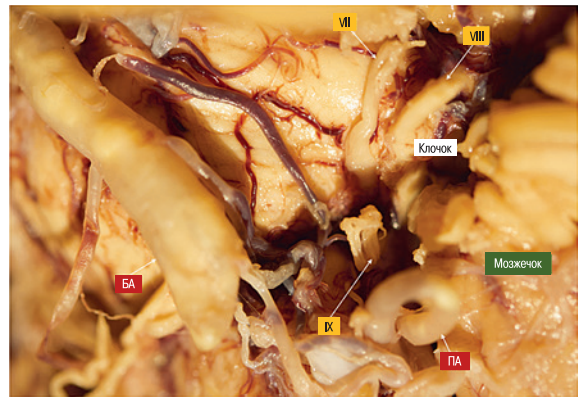


Рис. 2. Область отверстия Люшка

VII – лицевой нерв; VIII – вестибулокохлеарный нерв; IX – языкоглоточный нерв; ПА – позвоночная артерия; БА – базилярная артерия.

Figure 2. The area of the foramen of Luschka

VII – facial nerve; VIII – vestibulocochlear nerve; IX – glossopharyngeal nerve; PA – vertebral artery; BA – basilar artery.

мозжечковой щелью, отделяет рострально червь от дорсальной поверхности среднего мозга, образованной верхними и нижними холмиками, верхними ножками мозжечка, верхним мозговым парусом. Блоковый нерв выходит из уздечки верхнего мозгового паруса и проходит вдоль мозжечково-энцефалической щели ниже нижнего бугорка. ВМА проходит в мозжечково-мезэнцефалической щели вдоль верхней ножки мозжечка, верхнего мозгового паруса и поверхности мозжечка и кровоснабжает нижний холмик. Эта артерия обычно начинается от верхних отделов базилярной артерии и проходит вокруг передней поверхности среднего мозга и верхних отделов моста над тройничным нервом. ВМА разделяется на ростральную и каудальную части и отдает множество перфорантных ветвей к стволу мозга и ножкам мозжечка. Ростральная часть ВМА и ее длинные огибающие ветви снабжают нижний холмик.

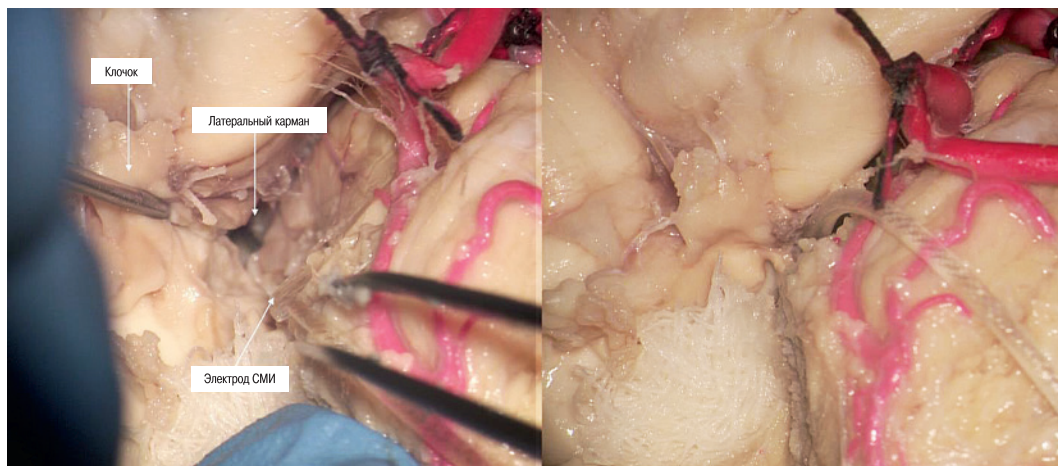


Рис. 3. Другой фиксированный в формалине кадаверный препарат

Слева – открыт латеральный карман; справа – установлен стволотомозговой имплант.

Figure 3. Another formalin-fixed cadaveric preparation

Left, lateral recess opened; right, brainstem implant placed.

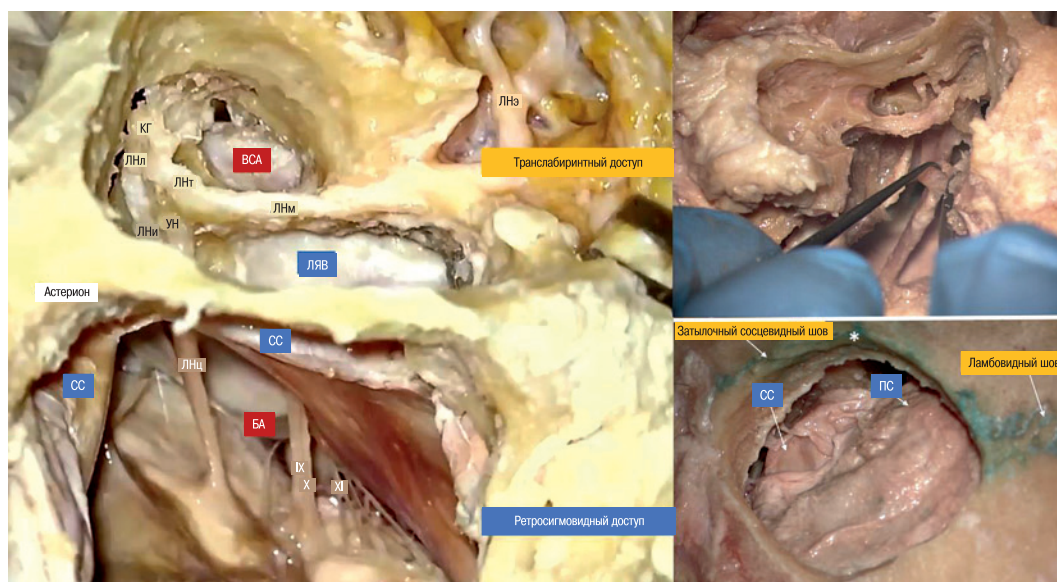


Рис. 4. Выполненные транслабиринтный и ретросигмовидный доступы

СС – сигмовидный синус; ЛЯВ – луковица яремной вены; ТС – поперечный синус; ВСА – внутренняя сонная артерия; ЛНц – цистернальный отдел лицевого нерва; ЛНи – интраканальный отдел лицевого нерва; ЛНл – лабиринтный отдел лицевого нерва; ЛНт – тимпанальный отдел лицевого нерва; ЛНм – мастоидальный отдел лицевого нерва; ЛНэ –экстратемпоральный отдел лицевого нерва; УН – улитковый нерв.

Figure 4. Translabyrinthine and retrosigmoid accesses performed

SS – sigmoid sinus; JVB – jugular vein bulb, TS – transverse sinus, ICA – internal carotid artery; FNc – cisternal segment of the facial nerve; FNi – intracanalicular segment of the facial nerve; FNI - labyrinthine segment of the facial nerve; FNt – tympanic segment of the facial nerve; FNm – mastoid segment of the facial nerve; LNE – extratemporal segment of the facial nerve; CN – cochlear nerve.

Центральный слуховой путь

Волокна спирального ганглия улитки образуют свои первые синапсы в вентральных и дорсальных ядрах улитки. Ядра улитки содержат нейроны второго порядка, которые имеют тонотопическое строение. Слуховые волокна, покидающие улитковые ядра, достигают верхнего оливарного ядра на этой же и на контралатеральной стороне. Перекрещивающиеся волокна формируют трапецевидное тело, которое располагается в нижних отделах вентральной части моста. Волокна, покидающие верхнее оливарное ядро, поднимаются до среднего мозга, поднимаются по этой же стороне либо перекрещиваются в трапецевидном теле и достигают противоположных отделов среднего мозга. Эти восходящие волокна образуют латеральную петлю, которая соединяет верхнее оливарное ядро и нижние холмики. В средней части латеральная петля располагается медиальнее внутристволового сегмента тройничного нерва и латеральнее медиальной петли. В верхних отделах моста латеральная петля проходит латеральнее верхней мозжечковой ножки и заканчивается в нижних холмиках. Структуры, располагающиеся в порядке от дорсальной к вентральной поверхности среднего мозга на уровне нижних холмиков: ядра нижних холмиков, тройничный мезенцефальный и центральный тракт покрышки, перекрест верхних мозжечковых ножек, красное ядро. Пути от нижних холмиков, располагающиеся в латеральных отделах среднего мозга, передают слуховую информацию в медиальное коленчатое тело таламуса. От медиального коленчатого тела слуховые пути проходят ниже чечевицеобразного ядра во внутренней капсуле, заканчиваясь в слуховой коре в передней части поперечной височной извилины, или извилины Гешля.

Транслабиринтный доступ к улитковым ядрам

Наиболее часто используемым подходом для стволомозговой имплантации является транслабиринтный доступ, который чаще всего выполняется во время удаления вестибулярных шванном и других опухолей этой зоны при NF2. Этот заушный доступ выполняется посредством широкой мастоидэктомии с последующим удалением лабиринта. Предлежание сигмовидного синуса, высокое стояние луковицы яремной вены и нависание средней черепной ямки может ограничивать хирургический коридор. Внутренний слуховой проход обнажается на всем протяжении на 270 градусов, возможен контроль лицевого нерва от уровня корешка до шилососцевидного отверстия и далее. Транслабиринтный подход обеспечивает латеральный доступ (без ретракции мозжечка) и прямой обзор вентральных ядер улитки, ромбовидной складки и отверстия Люшка (рис. 4). При приподнимании клочка мозжечка, открытии сосудистого сплетения возможно достижение дорсального ядра улитки в латеральном кармане.

Ретросигмовидный доступ к улитковым ядрам

Ретросигмовидный доступ обеспечивает вид сзади к латеральному карману. При ретросигмовидном доступе возможно 2 пути к латеральному углублению и кохлеарным ядрам. Один – латерально вдоль мостомозжечковой щели к отверстию Люшка и латеральному карману. Другой – снизу, по мозжечково-медулярной щели между миндалиной мозжечка и продолговатым мозгом. Идентификация латерального кармана снизу может обеспечить лучший доступ к ядрам улитки в случае, если стандартные латеральные ориентиры, прилегающие к отверстию Люшка, были деформированы опухолью или удалены. Поднятие миндалины мозжечка обнажает нижнюю мозжечковую ножку и

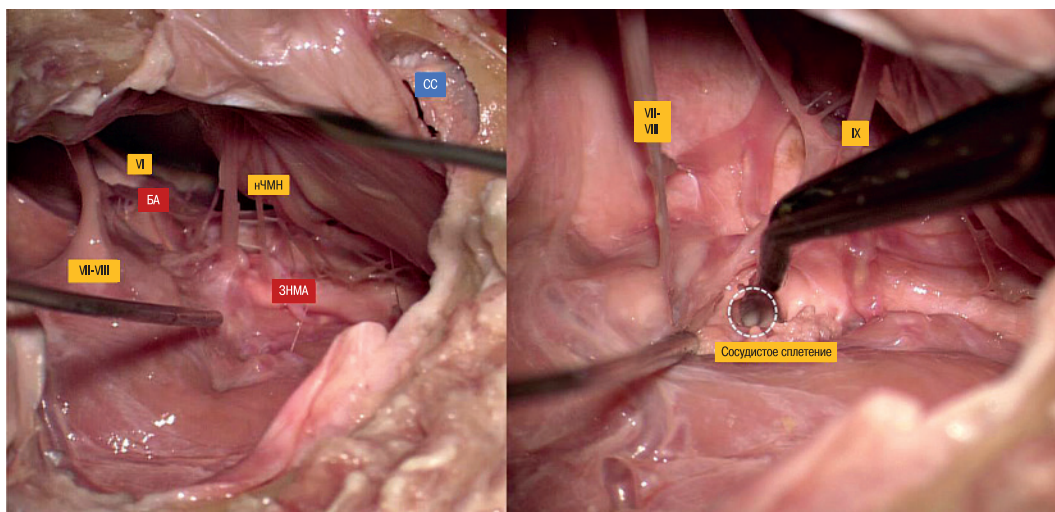


Рис. 5. ММЦ

Латеральный карман СС – сигмовидный синус, VI – отводящий нерв, VII–VIII – акустикофациальная группа нервов, nЧМН – нижние черепномозговые нервы, ЗНМА – задняя нижняя мозжечковая артерия, IX – языкоглоточный нерв, белый пунктир – отверстие Люшка.

Figure 5. CPC

Lateral recess SS – sigmoid sinus, VI – abducens nerve, VII–VIII – acoustic and facial nerve group, iCN – inferior cranial nerves, ZNMA – posterior inferior cerebellar artery, IX – glossopharyngeal nerve, white dotted line – Luschka foramen.

нижнюю стенку латерального кармана, образованную сосудистой выстилкой, сосудистым сплетением и нижним мозговым парусом.

Отодвигание клочка мозжечка и сосудистого сплетения обнажает улитковый нерв и вентральное улитковое ядро (рис. 5). Открытие бокового кармана вдоль теловеллярного соединения обнажает дорсальное улитковое ядро на дорсальной поверхности нижней ножки мозжечка и часть вентрального улиткового ядра улитки медиальнее отверстия Лущка на боковой поверхности ножки. Расширение подхода медиальнее может обеспечить доступ к ядрам улитки с двух сторон. Латеральный карман представляет собой узкий мешок, который, при сохранении стенок, поможет предотвратить смещение имплантата. Однако открытие латерального кармана снизу повышает риски каудальной миграции электрода имплантата.

Обсуждение

Первые данные использования ССМИ принадлежат W.F. House и W.E. Hitselberger [1, 2], которые продемонстрировали свою работу в 1976 г. Авторы сообщили о первых результатах применения ССМИ в область кохлеарных ядер после удаления вестибулярной шванномы транслабиринтным доступом. Имплант был представлен в виде платинового электрода с шариками на кончике размерами 0,5 мм. В результате работы пациент после операции отмечал улучшение чтения по губам и увеличение пространственного звукового эффекта на непродолжительный промежуток времени, обусловленное миграцией электрода на уровне ствола мозга. Последующие годы были направлены на модернизацию, оптимизацию и усовершенствование хирургических техник и т.д. В 2000 г. управлением FDA (Food and Drug Administration) США было одобрено использование многоканальных электродов для стимуляции ствола у детей (12 лет и старше) с заболеванием NF2 [8]. В России первый опыт использования ССМИ был осуществлен в 2014 г. (Санкт-

Петербург) у 3 пациентов с патологией улитки и опухолевым повреждением слухового нерва. Работа была осуществлена в рамках полидисциплинарного подхода с участием отдела нейрохирургии клиники Fulda и госпиталя университета Марбурга под руководством проф. R. Behr.

В последние годы в мире отмечается растущий опыт использования слуховой стволомозговой имплантации при разных вариантах аплазии и оссификации улитки, а также после сложных сочетанных травм основания черепа с исходом в глухоту. Как было показано в проспективном исследовании V. Colletti и соавт., у основной половины педиатрических пациентов с различными вариантами кохлеарной и ретрокохлеарной патологии отмечался наилучший функциональный результат при использовании ССМИ [3–6]. Всего в мире проведено около 2500 операций с использованием устройства для стимуляции слуха на уровне ствола мозга, результаты разнообразны. Последние и основополагающие работы продемонстрировали явное улучшение качества жизни пациентов после проведения слухореабилитирующей операции с использованием ССМИ [9, 10]. Вместе с тем, в ФГБУ НМИЦО ФМБА России накоплен огромный опыт использования КИ в хирургии слуха, что значительно расширяет возможности реабилитационного потенциала у пациентов, страдающих глухотой и т.д. Однако существенным остается вопрос опций по улучшению слуха пациентов с ретрокохлеарной патологией.

Выбор оптимальных критериев к имплантации электрода ССМИ остается сложной задачей. Отбор пациентов осуществляется в рамках полидисциплинарного подхода с участием отоларингов, нейрохирургов, сурдологов, логопеда и нейропсихологов. Следует отметить необходимость применения устройства при двусторонней выраженной потере слуха и дисфункции слухового нерва. Основными кандидатами являются пациенты с NF2, у которых хирургическая резекция опухоли сопряжена с выраженной потерей слуха и глухотой. При неопухоловой этиологии потери слуха имплантация устройства ССМИ должна рассматриваться как альтернатива кохлеарной системы.

В планировании имплантации системы и визуализации структур звуковоспринимающей/анализирующей системы используются нейровизуализационные методы исследования, такие как магнитно-резонансная (МРТ) и компьютерная (КТ) томография. Для определения структур улитки и слухового нерва используются разные модальности МРТ, которые позволяют провести оценку слухового нерва и значимых структур. При отсутствии неврономы слухового нерва МРТ с тонкими срезами на уровне слуховых проходов может определить наличие и размер слуховых нервов, что детально рассматривается в Т2-ВИ [11–13]. У пациентов с NF2 есть необходимость в МРТ исследовании головы и всей длины спинного мозга. Зачастую у таких пациентов может быть выявлено множество опухолей различной локализации, которые затрудняют клинично-диагностический этап. КТ может дополнять МРТ в оценке структуры кости внутреннего слухового прохода и модиолуса. Отсутствие улитки, по данным КТ, свидетельствует о необходимости ССМИ. Тем не менее «золотым стандартом» остаются функциональные тесты; аудиометрия, исследование акустических стволовых вызванных потенциалов.

Пациентам с NF2 при сохранности слухового нерва после хирургической резекции опухоли и динамическим отсутствием роста опухоли после лучевой терапии следует первым этапом рассматривать имплантацию кохлеарной системы [14]. При отсутствии анамнестических данных, при которых не представляется возможным определить проводниковое состояние слухового нерва, рекомендовано проведение электро-акустической стимуляции, которая выполняется не ранее через 6–10 недель после резекции опухоли и признаков регресса аксональной травмы (нейропраксия) [16]. Следует отметить, что появление соответствующих волн при стимуляции при обследовании акустической порции нерва, не исключает пользу от КИ [15]. Можно отметить меньший риск различных осложнений при использовании кохлеарной системы по сравнению с операцией ССМИ. По мнению M.L. Carlson и I. Pai, КИ позволяет обеспечить распознавание речи до 70% по сравнению системой СМИ [17, 18].

По данным литературных источников, показания к ССМИ условно разделены на две позиции:

- вследствие опухолевого повреждения слухового нерва (NF2) и нарушения функции нерва;
- неопухолевые состояния (аплазия улитки, травма, оссификации и т.д.).

В настоящее время критериями включения к установке системы ССМИ в США являются пациенты с NF2 (возраст >12 лет) и с большими вестибулярными шванномами, которые не позволяют сохранить кохлеарный нерв во время хирургического лечения. ССМИ рассматривается также после одностороннего удаления узла опухоли с NF2, которая реабилитирует слух на утраченной стороне. Основное преимущество имплантации СМИ после удаления одного узла опухоли – дать пациенту больше времени и опыта использования, прежде чем появится необходимость полной зависимости от устройства при снижении контралатерального слуха.

Неопухолевые показания для ССМИ включают двусторонние переломы височной кости с повреждением слухового нерва и развитием глухоты, оссификацию улитки после перенесенного менингита. Особое внимание уделяется детям с тяжелым врожденным пороком развития внутреннего уха (полная аплазия лабиринта, аплазия улитки или аплазия улиткового нерва) у которых явно улучшаются результаты аудиометрических данных, чем у пациентов с NF2 [3, 21].

После отбора пациентов на ССМИ, критически важным является особое консультирование относительно ожиданий после имплантации. Пациенты должны понимать, что ССМИ не обеспечивает нормального звукопроведения, и достижение адекватного распознавания речи не достигается в большинстве случаев. Кроме хирургических рисков, присутствуют риски неполного обеспечения слуховых ощущений. Поэтому крайне важным является слухоречевая реабилитация после имплантации устройства для максимальной пользы.

Аудиологические особенности

ССМИ программируются с использованием комбинации монополярной и биполярной стимуляции (Hergmannetal, 2015). При монополярной стимуляции психофизические пороги для каждого отдельного электрода в матрице измеряются восходящим методом, начиная с текущих уровней ниже восприятия. После появления слуховых ощущений пределы комфортной громкости определяются путем повышения текущего уровня с порогового до уровня, при котором субъект впервые испытывает дискомфортную громкость или побочные эффекты, такие как тактильная стимуляция, дисгевзия или головокружение. При биполярной стимуляции электрические стимулы доставляются с помощью двухфазных одиночных импульсов, чередующихся по полярности. Фаза двухфазных импульсов чередуется во времени между анодным и катодным (13 rps, длительность фазы 150 мкс, межфазный промежуток 8 мкс), чтобы обеспечить оптимальное устранение артефакта стимула во время электрофизиологического тестирования. Конкретные пары биполярных электродов выбираются с целью отбора проб на различных участках электродной площадки. Подобно монополярной стимуляции, психофизические пороги измеряются для каждой пары биполярных электродов с использованием метода возрастания и бреккетинга, начиная с текущих уровней ниже восприятия. Пределы комфортной громкости измеряются для каждой пары электродов путем повышения уровня тока от порогового значения до тех пор, пока субъект впервые не сообщит о неудобной громкости или побочных эффектах. Результаты монополярного и биполярного перцептивного тестирования используются для сопоставления электродов и пар электродов на основе вызванных ощущений и являются неотъемлемой частью улучшения слуха с помощью СМИ. Методы программирования различаются в разных центрах СМИ из-за местных различий в обучении/опыте, доступности оборудования и демографических характеристиках пациентов (например, дети и взрослые).

Техника оперативного лечения и область имплантации

В настоящее время в литературе описаны несколько вариантов хирургических коридоров к слуховым ядрам ствола ГМ. Доминирующими из них являются использование трансбиринтного или ретросигмоидного доступов. Как транслабиринтный, так и ретросигмоидный подходы позволяют обеспечить доступ для удаления большинства опухолей преддверно-улиткового нерва и для размещения электродов стволотомозгового импланта. В популяции пациентов с NF2, где выполняется одномоментное удаление опухоли в двух сторон, транслабиринтный подход является предпочтительным. С использованием последнего можно добиться латерального обзора ствола ГМ и получить лучший обзор отверстия Люшка. При ретросигмоидном доступе

трепанацию черепа следует проводить как можно вперед и вниз (базально), что обеспечивает наиболее прямой доступ к зоне интереса и меньшей тракции мозжечка.

После разреза кожи формируется карман в подлежащих мягких тканях под височной мышцей и сепарируются ткани до кости. Далее для крепления приемника/стимулятора просверливается костная борозда для размещения и защиты проводов. Доступ к мосто-мозжечковому углу выполняется стандартным образом, при этом идентифицируются нижние ч.м.н., а также CN VII и VIII (при их наличии). Основные значимые – это клочок и отверстие Люшка – путь к ядрам улитки. Отверстие Люшка выступает на латеральной границе понтомедуллярной борозды и может быть обнаружено между корнями VII и IX ч.м.н. рядом с сосудистым сплетением. В качестве альтернативы, если присутствует остаток VIII ч.м.н., можно проследить его путь в ствол мозга, где затем можно идентифицировать сосудистое сплетение. Сосудистое сплетение можно осторожно раздвинуть, чтобы расширить отверстие Люшка. Для проверки правильности идентификации бокового кармана четвертого желудочка, можно выполнить пробу Вальсальвы и отметить отток цереброспинальной жидкости. Электроды вводят в латеральный карман четвертого желудочка так, чтобы они были обращены вверх и вперед. Интраоперационная стимуляция важна для определения неудачных паттернов, таких как стимуляция лицевого нерва, миогенных реакций или изменения частоты пульса, гемодинамики. Наиболее частыми послеоперационными осложнениями являются раневая ликворея, миграция имплантата и патологические слуховые ощущения. Раневая ликворея лечится с использованием люмбального дренажа и в редких случаях требует отдельной пластики. Менее распространенные осложнения включают ушиб мозжечка, стойкий паралич лицевого нерва, менингит, повреждение нижних ч.м.н., гидроцефалию, псевдоменингоцеле, головную боль и шум в ушах. Эти осложнения встречаются значительно реже у пациентов без опухолей, чем в популяции NF2 [22].

Слуховая производительность с ССМИ остается очень изменчивой. Хотя речевые результаты хуже по сравнению с КИ, восстановление некоторых слуховых сигналов обнадеживает. Различия в производительности объясняются различиями в хирургической методике, опыте хирургов, постимплантационном программировании и стратегиях кодирования сигналов. Кроме того, топонимическая организация ядра улитки намного сложнее, чем то, что наблюдается в улитке. В частности, в ядре улитки частоты кодируются от поверхности к глубине, а не вдоль поверхности, что не оптимально для стимуляции поверхностным электродом.

Возможно, наиболее значимый предиктор послеоперационной речевой деятельности связан с этиологией потери слуха, в частности, связано ли это с опухолью, обусловленной NF2, или с неопухолевым состоянием (например, окостенение улитки, отрыв улиткового нерва в результате травмы). Полиинституциональное исследование в США показало, что у пациентов с NF2 (взрослые и дети) 81% пациентов с имплантатами получили слуховые ощущения [23]. К сожалению, это означает, что почти 20% вообще не реагировали на стимуляцию [24, 25]. Кроме того, значительное распознавание слов с открытым набором встречается редко (около 10%), и поэтому речевые результаты намного хуже при ССМИ по сравнению с КИ [19, 25, 26]. Наибольшее преимущество, связанное с ССМИ, заключается в улучшении чтения по губам, поскольку оно помогает определять ритм, напряжение, время и интенсивность речи. В сочетании с чтением

по губам 93% пациентов демонстрируют улучшение понимания предложений через 3–6 месяцев после имплантации [23].

Результаты у пациентов с неопухолевыми заболеваниями оказались лучше, чем у пациентов с NF2. V. Colletti и соавт. сообщили, что взрослые люди с постлингвальным периодом без NF2 достигли, в среднем, распознавания 59% открытых предложений в режиме одного прослушивания по сравнению с 10% у пациентов с NF2 [21, 27]. Эти различия в слуховой деятельности между пациентами с NF2 и пациентами без опухолей предполагают, что состояние NF2 само по себе может отрицательно влиять на ядро улитки или слуховой путь [27]. Хотя большая опухоль может повредить или исказить ядро улитки, что приведет к плохому результату, само по себе это не объясняет расхождения, потому что даже пациенты с небольшими опухолями, которые не контактируют со стволом мозга, демонстрируют плохую работу. V. Colletti и R.V. Shannon сравнили 10 пациентов с NF2 с 10 пациентами без NF2 и исследовали пороги электростимуляции, избирательность электродов, амплитудную модуляцию и восприятие речи. Они обнаружили, что у пациентов с NF2 обнаружение модуляции и распознавание речи было значительно хуже, чем у лиц без NF2 [28]. Физиологическая причина этого неясна, но предполагается, что это связано с повреждением определенного типа клеток или области в ядре улитки.

Учитывая эти многообещающие результаты у реципиентов без NF2, исследования по расширению показаний СМИ для детей и младенцев, не являющихся кандидатами на КИ, продолжаются. L. Colletti и соавт. сообщили о долгосрочном проспективном исследовании 64 глухих детей в возрасте до 12 лет, которым были имплантированы СМИ. У всех участвовавших в исследовании детей улучшилось слуховое восприятие: 11% смогли разговаривать по телефону, а 31,3% реализовали открытое распознавание речи. У всех детей со временем наблюдалось постоянное улучшение слуховых навыков [7].

Ранний опыт СМИ у детей в США также является многообещающим, но результаты более долгосрочных исследований не были опубликованы [29, 30].

Заключение

Слуховая стволомозговая имплантация обеспечивают эффективный способ слуховой реабилитации пациентам, которые не являются кандидатами на КИ. Как транслабиринтный, так и ретросигмовидный подходы могут обеспечить доступ для удаления опухоли и размещения электрода стволомозгового импланта на ядрах улитки.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Hitselberger W.E., House W.F., Edgerton B.J., Whitaker S. Cochlear nucleus implants. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 1984;92(01):52–4.
2. House W.F., Hitselberger W.E. Twenty-year report of the first auditory brain stem nucleus implant. *Ann. Oto-Rhino-Laryngol.* 2001;110(02):103–4.
3. Colletti V., Carner M., Miorelli V., et al. Auditory brainstem implant (ABI): new frontiers in adults and children. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2005;133(01):126–38.
4. Grayeli A.B., Bouccara D., Kalamarides M., et al. Auditory brainstem implant in bilateral and completely ossified cochleae. *OtolNeurotol.* 2003;24(01):79–82.
5. Colletti V., Carner M., Miorelli V., et al. Cochlear implantation at under 12 months: report on 10 patients. *Laryngoscope.* 2005;115(03):445–9.

6. Colletti L. Beneficial auditory and cognitive effects of auditory brainstem implantation in children. *Acta Otolaryngol.* 2007;127(09):943–6.
 7. Colletti L., Shannon R.V., Colletti V. The development of auditory perception in children after auditory brainstem implantation. *AudiolNeurotol.* 2014;19(06):386–94.
 8. House Research Institute. FDA approves clinical trial of auditory brainstem implant procedure for children in U.S. Available at: www.sciencedaily.com/releases/2013/01/130122101334.html.
 9. Lundin K., Stillesjö F., Nyberg G., Rask-Andersen H. Self-reported benefit, sound perception, and quality-of-life in patients with auditory brainstem implants (ABIs). *Acta Otolaryngol.* 2016;136(01):62–7.
 10. Fernandes N.F., Goffi-Gomez M.V., Magalhães A.T., et al. Satisfaction and quality of life in users of auditory brainstem implant. *CoDAS.* 2017;29(02):e20160059.
 11. Buchman C.A., Teagle H.F., Roush P.A., et al. Cochlear implantation in children with labyrinthine anomalies and cochlear nerve deficiency: implications for auditory brainstem implantation. *Laryngoscope.* 2011;121(09):1979–88.
 12. Warren F.M., Wiggins R.H., Pitt C., et al. Apparent cochlear nerve aplasia: to implant or not to implant? *OtolNeurotol.* 2010;31(07):1088–94.
 13. Song M.H., Kim S.C., Kim J., et al. The cochleovestibular nerve identified during auditory brainstem implantation in patients with narrow internal auditory canals: can preoperative evaluation predict cochleovestibular nerve deficiency? *Laryngoscope.* 2011;121(08):1773–9.
 14. Roehm P.C., Mallen-St Clair J., Jethanamest D., et al. Auditory rehabilitation of patients with neurofibromatosis type 2 by using cochlear implants. *J. Neurosurg.* 2011;115(04):827–34.
 15. Peng K.A., Lorenz M.B., Otto S.R., et al. Cochlear implantation and auditory brainstem implantation in neurofibromatosis type 2. *Laryngoscope.* 2018;128(09):2163–9.
 16. Neff B.A., Wiet R.M., Lasak J.M., et al. Cochlear implantation in the neurofibromatosis type 2 patient: long-term follow-up. *Laryngoscope.* 2007;117(06):1069–72.
 17. Pai I., Dhar V., Kelleher C., et al. Cochlear implantation in patients with vestibular schwannoma: a single United Kingdom center experience. *Laryngoscope.* 2013;123(08):2019–23.
 18. Carlson M.L., Breen J.T., Driscoll C.L., et al. Cochlear implantation in patients with neurofibromatosis type 2: variables affecting auditory performance. *OtolNeurotol.* 2012;33(05):853–62.
 19. Brackmann D.E., Hitselberger W.E., Nelson R.A., et al. Auditory brainstem implant: I. Issues in surgical implantation. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 1993;108(06):624–33.
 20. Colletti V., Sacchetto L., Giarbini N., et al. Retrosigmoid approach for auditory brainstem implant. *J. Laryngol. Otol. Suppl.* 2000;(27):37–40.
 21. Colletti V., Shannon R.V. Open set speech perception with auditory brainstem implant? *Laryngoscope.* 2005;115(11):1974–8.
 22. Colletti V., Shannon R.V., Carner M., et al. Complications in auditory brainstem implant surgery in adults and children. *OtolNeurotol.* 2010;31(04):558–64.
 23. Ebinger K., Otto S., Arcaroli J., et al. Multichannel auditory brainstem implant: US clinical trial results. *J Laryngol. Otol. Suppl.* 2000;27:50–3.
 24. Schwartz M.S., Otto S.R., Shannon R.V., et al. Auditory brainstem implants. *Neurother.* 2008;5(01):128–36.
 25. Otto S.R., Brackmann D.E., Hitselberger W.E., et al. Multichannel auditory brainstem implant: update on performance in 61 patients. *J. Neurosurg.* 2002;96(06):1063–71.
 26. Toh E.H., Luxford W.M. Cochlear and brainstem implantation. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 2002;35(02):325–42.
 27. Colletti V., Shannon R.V., Carner M., et al. Outcomes in nontumor adults fitted with the auditory brainstem implant: 10 years' experience. *OtolNeurotol.* 2009;30(05):614–8.
 28. Behr R., Colletti V., Matthies C., et al. New outcomes with auditory brainstem implants in NF2 patients. *OtolNeurotol.* 2014;35(10):1844–51.
 29. Puram S.V., Barber S.R., Kozin E.D., et al. Outcomes following pediatric auditory brainstem implant surgery: early experiences in a North American Center. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2016;155(01):133–8.
 30. Wilkinson E.P., Eisenberg L.S., Krieger M.D., et al. Initial results of a safety and feasibility study of auditory brainstem implantation in congenitally deaf children. *OtolNeurotol.* 2017;38(02):212–20.
- Поступила 17.08.2024
Получены положительные рецензии 15.09.24
Принята в печать 27.09.24
Received 17.08.2024
Positive reviews received 15.09.24
Accepted 27.09.2024
- Вклад авторов.** Х.М.А. Диаб – разработка дизайна исследования; выполнение хирургической диссекции. Н.А. Даихес, В.В. Белоусов – редактирование текста статьи. О.С. Панина, О.А. Пащичина – написание текста рукописи. О.С. Панина, М. Харури – обзор публикаций по теме статьи.
- Contribution of the authors.** Kh.M.A. Diab – development of the study design; surgical dissection. N.A. Daikhes, V.V. Belousov – editing of the text. O.S. Panina, O.A. Pashchinina – writing the text of the manuscript. O.S. Panina, M. Hariri – review of publications on the topic of the article.
- Информация об авторах:**
- Диаб Хассан Мохаммад Али – д.м.н., заместитель директора НИИЦ оториноларингологии ФМБА РФ по международным отношениям; руководитель НКО «Патологии уха и основания черепа» ФГБУ НИИЦО ФМБА РФ, профессор кафедры оториноларингологии постдипломного образования РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Адрес: 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1; e-mail: hasandiab@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5337-3239.
- Даихес Николай Аркадьевич – д.м.н., профессор, член-корр. РАН, директор НИИЦ оториноларингологии ФМБА РФ. Адрес: 123182 Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2, заведующий кафедры оториноларингологии постдипломного образования РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Адрес: 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1; e-mail: otolaru@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-5636-5082.
- Всеголов Вадимович Белоусов – Институт биоорганической химии им. акад. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, лаборатория молекулярных технологий, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Федеральный центр мозга и нейротехнологий. Адрес: 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1; SPIN-код: 6517-8373, authorid: 91132.
- Пащичина Ольга Александровна – к.м.н., врач-оториноларинголог, заведующая отделом «Патология уха и основания черепа» НИИЦ оториноларингологии ФМБА. Адрес: 123182 Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, к. 2. ORCID: 0000-0002-3608-274.
- Панина Ольга Сергеевна – врач-оториноларинголог, младший научный сотрудник научно-клинического отдела «Патология уха и основания черепа» НИИЦ оториноларингологии ФМБА. Адрес: 123182 Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, к. 2; email: dr.panina@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5177-4255.
- Харури Мостафа – врач-оториноларинголог, младший научный сотрудник научно-клинического отдела «Патология уха и основания черепа» НИИЦ оториноларингологии ФМБА. Адрес: 123182 Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, к. 2; e-mail: hariri.mostafa@mail.ru. ORCID: 0009-0004-5778-7446.
- Information about the authors:**
- Khassan Mohammad Ali Diab – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director of The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia for International Affairs; Head of the Department

of the Ear and Skull Base Diseases, NMRCO of the FMBA RF, Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Postgraduate Education, The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov. Address: 1 Ostrovityanova St., 117997 Moscow; e-mail: hasandiab@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5337-3239.

Nikolay Arkadyevich Daikhes – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, NMRC for Otorhinolaryngology, FMBA RF. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; Head of the Department of Otorhinolaryngology, Postgraduate Education, The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov. Address: 1 Ostrovityanova St., 117997 Moscow; e-mail: otolaru@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-5636-5082.

Vsevolod Vadimovich Belousov – Shemyakin & Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Molecular Technologies; The Russian National Research Medical University named after

N.I. Pirogov; Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies. Address: 1 Ostrovityanova St., 117997 Moscow; SPIN-code:6517-8373, authorid: 91132.

Olga Alexandrovna Pashchinina – Candidate of Medical Sciences, Otorhinolaryngologist, Head of the Department of the Ear and Skull Base Diseases, NMRC of Otorhinolaryngology, FMBA RF. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow. ORCID: 0000-0002-3608-274.

Olga Sergeevna Panina – Otorhinolaryngologist, Junior Researcher of the Scientific and Clinical Department of the Ear and Skull Base Diseases, NMRC of Otorhinolaryngology, FMBA RF. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; e-mail: dr.panina@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5177-4255.

Mostafa Hariri – Otorhinolaryngologist, Junior Researcher of the Scientific and Clinical Department of the Ear and Skull Base Diseases, NMRC of Otorhinolaryngology, FMBA RF. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; e-mail: hariri.mostafa@mail.ru. ORCID:0009-0004-5778-7446.