

ЛЕКЦИИ И ОБЗОРЫ / LECTURES AND REVIEWS

УДК 616.833.185-08-039:616-073.75

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-2-7-18>

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ВЕСТИБУЛОПАТИЙ: ОБЗОР

¹А. С. Жорина^{✉*}, ²В. А. Воронов[✉], ²Д. Ю. Демиденко[✉], ²О. М. Жорина[✉]¹Клиника «Скандинавия», Санкт-Петербург, Россия²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Вестибулопатия — нарушение функции вестибулярного анализатора — это симптомокомплекс, который может сопровождать большое количество патологических состояний или быть конституциональной особенностью и проявляется внезапно возникающим или постоянным головокружением и неустойчивостью, шаткостью при ходьбе.

ЦЕЛЬ: Продемонстрировать важность мультимодального подхода в лучевой диагностике у пациентов с вестибулярными нарушениями и осветить типичную семиотику доступных оценке методами визуализации причин возникновения головокружения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Описание изменений в данной работе основывается на рутинном обследовании пациентов, направленных на КТ и МРТ с жалобами на головокружение, нередко в сочетании со снижением слуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ: В данной статье описаны возможности компьютерной томографии височных костей и магнитно-резонансной томографии преддверно-улитковых нервов и внутреннего уха в выявлении периферических причин головокружения.

ОБСУЖДЕНИЕ: Головокружение считается многофакторным явлением, часто симптомы имеют непостоянный, флуктуирующий характер, неоднозначная клиническая картина затрудняет постановку диагноза исключительно на основании клинических данных, что и обуславливает необходимость комплексного подхода к обследованию пациентов с жалобами на нарушение равновесия. В данной статье представлены ключевые анатомические особенности, патологические состояния и соответствующие им диагностические находки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Методы лучевой диагностики являются неотъемлемой частью комплексного обследования пациентов с вестибулярными нарушениями и влияют на дальнейшую тактику ведения пациента.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вестибулопатия, головокружение, МРТ преддверно-улитковых нервов, МРТ внутреннего уха с отсроченным контрастированием, МСКТ височных костей

*Для корреспонденции: Жорина Анна Сергеевна, e-mail: zhorina.anna@gmail.com.

Для цитирования: Жорина А.С., Воронов В.А., Демиденко Д.Ю., Жорина О.М. Лучевая диагностика вестибулопатий: обзор // Лучевая диагностика и терапия. 2024. Т. 15, № 2. С. 7–18, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-2-7-18>.

RADIOLOGY OF VESTIBULOPATHIES: A REVIEW

¹Anna S. Zhorina^{✉*}, ²Victor A. Voronov[✉], ²Diana Yu. Demidenko[✉], ²Olga M. Zhorina[✉]¹«Scandinavia» clinic, St. Petersburg, Russia²North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION: The term vestibulopathy describes a dysfunction of the vestibular portion of the inner ear that manifests as a sporadic or constant dizziness and unsteadiness when walking. The symptoms of vestibulopathy may be caused by a large number of reasons and can accompany a variety of pathological conditions or be an innate trait.

OBJECTIVE: To demonstrate the importance of a multimodal approach in radiology of vestibular disorders and to highlight the typical semiotics of the causes of dizziness that can be assessed by imaging methods.

MATERIALS AND METHODS: The description of findings in this work is based on a routine examination of patients referred for CT and MRI with complaints of dizziness, often in combination with hearing loss.

RESULTS: This paper describes the role of CT and MRI in diagnosing various causes of vestibulopathy.

DISCUSSION: Vertigo is a multifactorial condition often with fluctuating symptoms, the ambiguous clinical presentation makes it difficult to make a diagnosis solely on the basis of clinical data, which necessitates the need for an integrated approach to the examination of patients with balance issues. This article outlines key anatomical features, pathological conditions and the corresponding diagnostic findings.

CONCLUSION: CT and MRI are an integral part of a comprehensive examination of patients with vestibular disorders and impact further patient management tactics.

KEYWORDS: vestibulopathy, MRI of the cochleovestibular nerve and inner ear, temporal bone CT

*For correspondence: Anna S. Zhorina, e-mail: zhorina.anna@gmail.com.

For citation: Zhorina A.S., Voronov V.A., Demidenko D.Yu., Zhorina O.M. Radiology of vestibulopathies: a review // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2024. Vol. 15, No. 2. P. 7–18, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-2-7-18>.

Введение. Приступы головокружения встречаются у пациентов любого возраста, согласно ряду эпидемиологических исследований. Наиболее часто причиной головокружения является поражение внутреннего уха (периферического отдела вестибулярного анализатора), включая такие периферические варианты вестибулярной дисфункции, как доброкачественное позиционное пароксизмальное головокружение, вестибулярный нейронит, болезнь Меньера. Эти и другие негнойные заболевания внутреннего уха (лабиринта) часто приводят к ограничению или полной утрате трудоспособности и занимают одно из ведущих мест в структуре ЛОР-патологии. Обращаемость к ЛОР-врачам с такой патологией достигает 4%, к неврологам — 10%. Клинически негнойные заболевания внутреннего уха проявляются вестибулярными нарушениями (головокружение, нарушение равновесия и координации), тугоухостью и шумом в ушах. Клиническая симптоматика заболеваний внутреннего уха обусловлена тем, что в лабиринте находятся рецепторы слухового (улитка) и вестибулярного (преддверие и полукружные каналы) анализаторов, и при различных поражениях внутреннего уха они в той или иной степени задействованы в патологическом процессе [1–3].

Внутреннее ухо (лабиринт) заключено в каменистую часть височной кости и состоит из системы костных каналов, в которых находится перепончатый лабиринт, заполненный эндолимфой, с наличием между двумя лабиринтами узкого пространства, заполненного перилимфой. Перилимфа близка по составу к ликвору и плазме крови, а эндолимфа — к внутриклеточной жидкости. Мельчайшие структуры внутреннего уха требуют детальной оценки методами визуализации, для чего необходимо использование максимально возможного пространственного разрешения. Различают три отдела костного лабиринта: улитку, преддверие и полукружные каналы [4].

Примеры нормальной структуры внутреннего уха представлены на рис. 1–4.

Цель. Применение методов визуализации у пациентов с вестибулярными нарушениями может быть направлено как на оценку центрального отдела вестибулярного анализатора, для исключения ише-

мических изменений, демиелинизирующих заболеваний и опухолевых процессов, так и для прицельного изучения периферического отдела вестибулярного анализатора, исключения патологии преддверно-улитковых нервов и внутреннего уха: новообразований, нейроваскулярного конфликта, дефектов в костной капсуле лабиринта, эндолимфатического гидрoпса. Целью данной статьи является демонстрация возможностей оценки внутреннего уха методами КТ и МРТ, описание лучевой семиотики в норме и при патологических состояниях, связанных с головокружением.

Материалы и методы. Приведенные в статье изображения были получены с использованием мультиспирального компьютерного томографа GE Healthcare Optima CT660 128 срезов и магнитно-резонансного томографа GE Discovery MR750W 3.0 T. Аксиальные КТ-изображения получали с толщиной среза 0,6 мм, с уменьшенным FOV отдельно для каждого уха, с последующим построением мультипланарных реконструкций. Основой обследования внутреннего уха и преддверно-улитковых нервов на МРТ является получение сильно взвешенных T2-изображений с маленькой толщиной среза (0,4–0,8 мм) для оценки мелких структур внутреннего уха, заполненных жидкостью. Такие импульсные последовательности, как FIESTA, обладают цистернографическим эффектом, демонстрируя очень высокий контраст между ликвором и окружающими структурами (нервами, сосудами и костями). Полученные 3D-изображения можно переформатировать в произвольной ориентации благодаря субмиллиметровому изотропному разрешению. В протокол включали следующие импульсные последовательности: 3D FLAIR, 3D T1W, при необходимости — также после внутривенного контрастного усиления.

Результаты. Специализированные протоколы КТ- и МРТ-исследований с высоким разрешением позволяют выявить структурные изменения внутреннего уха, а также анатомические варианты, ассоциированные с возникновением головокружения, ниже подробно описана их типичная лучевая картина.

Вестибулярная пароксизмия (ВП) — это клинический синдром, проявляющийся кратковременными

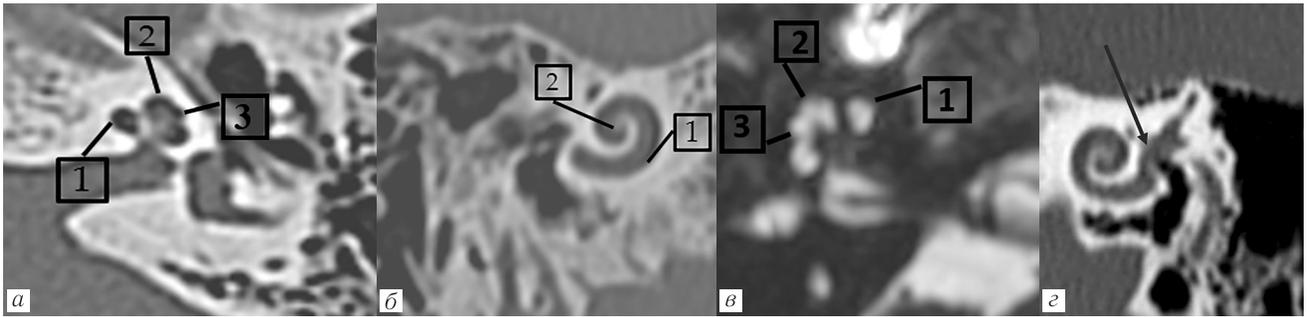


Рис. 1. МСКТ внутреннего уха, улитка: базальный (1), средний (3) и апикальный (2) завитки в аксиальной (а) и косой корональной (б) плоскости; в — то же, данные МРТ (FIESTA ИП), обратите внимание на визуализацию тонких межжелстничных перегородок и костных спиральных пластинок в структуре улитки; г — МСКТ, косая корональная плоскость демонстрирует нормальные $2\frac{3}{4}$ завитка улитки, стрелкой указано преддверие

Fig. 1. CT of the inner ear, cochlea: basal (1), middle (3) and apical (2) turns show in axial (a) and oblique coronal (б) planes; в — same, MRI data (FIESTA), note the thin interscalar septa seen in the cochlea; г — CT, axial oblique plane demonstrating the normal $2\frac{3}{4}$ cochlear turns, arrow indicates the vestibule

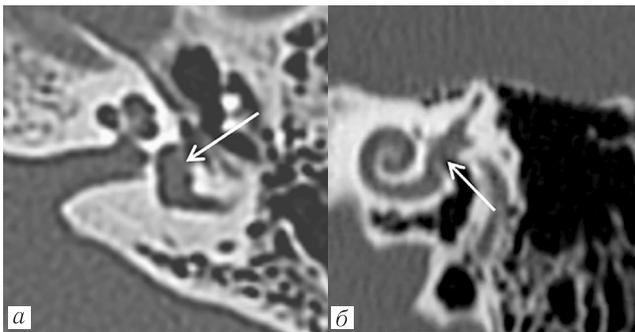


Рис. 2. Преддверие и полукружные каналы содержат вестибулярный аппарат, представленный в преддверии мешочком и маточкой (отолитовые органы), МСКТ: преддверие обозначено стрелкой: а — в аксиальной плоскости; б — в косой корональной плоскости, отделено от барабанной полости подножной пластиной стремени в овальном окне

Fig. 2. The vestibule and semicircular canals contain the vestibular system, in the vestibule there saccule and utricle (the otolith organs). CT: a — vestibule indicated by an arrow in the axial; б — coronal plane, it is divided from the tympanic cavity by the stapes footplate in the oval window

Диагноз может быть установлен на основании симптоматики в соответствии с критериями, выработанными обществом Барани: не менее 10 приступов спонтанного головокружения, длительностью менее 1 минуты, положительный эффект терапии карбамазепином при исключении других причин. Клиническая картина ВП может включать не только кратковременные (обычно несколько секунд) приступы головокружения, которое часто провоцируется поворотом головы, но и небольшое одностороннее снижение слуха, а также субъективный шум в ухе. Вестибулокохлеарный нерв на довольно протяженном участке (10–15 мм) в месте выхода из ствола мозга покрыт тонким «центральным» миелином и лишен шванновской оболочки, что делает его более подверженным компрессионным и пульсационным воздействиям на этом уровне [3, 5].

Диагностика ВП основана в первую очередь на клинических признаках; данные инструментальных методов исследования позволяют выявить сдавление преддверно-улиткового нерва расположенным поблизости сосудом (как правило — передней нижней мозжечко-

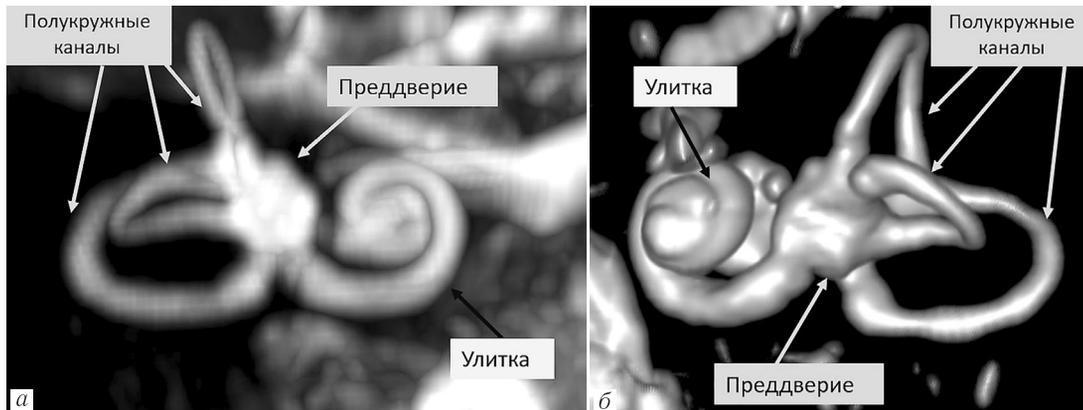


Рис. 3. МРТ-изображения внутреннего уха, ИП FIESTA: а — проекция максимальной интенсивности (MIP); б — 3D-изображение

Fig. 3. MRI of the inner ear, FIESTA: а — maximum intensity projection (MIP); б — 3D-image

приступами головокружения, часто ассоциированными с поворотом головы и обусловленной нейроваскулярной компрессией преддверно-улиткового нерва.

вой артерией), опухолью, аневризмой и исключить другие поражения периферического отдела вестибулярного анализатора. Сильно T2-взвешенные

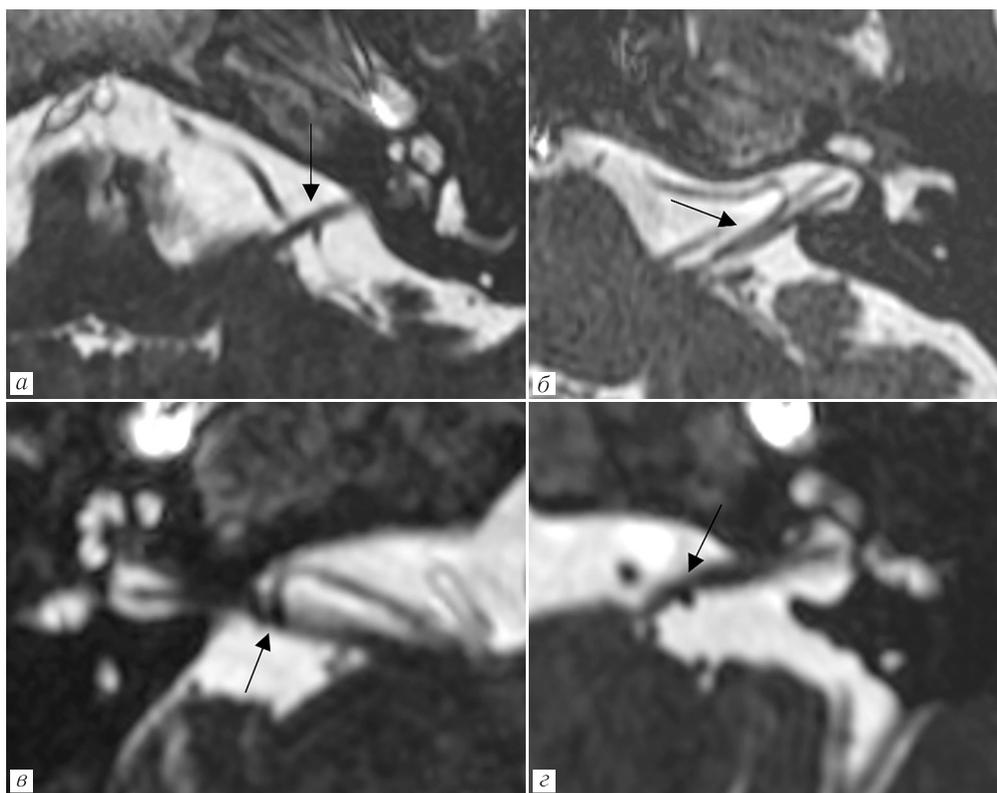


Рис. 4. Взаимодействие сосудов с VIII парой черепных нервов (по A. Sirikci): *a* — ограниченная, точечная компрессия нерва в поперечном направлении; *б* — продольная компрессия, ход сосуда при этом параллелен нерву; *в* — нерв компримирует сосудистая петля вокруг него; *г* — деформация контура нерва за счет вдавливания в него сосуда

Fig. 4. Interaction between VIII cranial nerve and a vessel (по A. Sirikci): *a* — point compression; *б* — longitudinal compression, the nerve and the vessel are parallel to each other; *в* — loop compression; *г* — indentation in the nerve

изображения с тонкими срезами являются оптимальными для визуализации нейроваскулярного контакта (см. рис. 4). Поскольку клиническая симптоматика вестибулярной пароксизмии весьма специфична, методы визуализации у данной группы пациентов применяются в основном с целью уточнения локализации зоны компрессии и дифференциальной диагностики и исключения других патологических процессов, в частности, дегисценции полукружного канала [3, 5].

Синдром Минора — это клиническое проявление дегисценции (костного дефекта) в стенке переднего (верхнего) полукружного канала, в основе которого лежит феномен третьего окна (наличие дополнительного костного «окна» в капсуле лабиринта, кроме имеющихся в норме круглого и овального окон), сопровождающийся нарушением биомеханики внутреннего уха за счет того, что эндолимфа может приводиться в движение звуковыми раздражителями и перепадами давления. Клинически данное состояние проявляется слуховыми и вестибулярными нарушениями, такими как головокружение, вызываемое изменениями давления (симптом Hennebert) или громкими звуками (феномен Туллио), тугоухость (в результате нарушения звукопроводения во внутреннем ухе), гиперакузия, аутофония, осциллопсия, хроническое нарушение равновесия [6, 7].

МСКТ височных костей с тонкими срезами (менее 1 мм) — оптимальный метод для выявления костно-

го дефекта, наиболее частой его локализацией является область дугообразного возвышения верхнего (переднего) полукружного канала, для оценки данной области хорошо подходят реконструкции в коронарной плоскости, однако для более достоверной оценки костных дефектов необходимо построение реконструкций в плоскости полукружного канала (рис. 5).

Вестибулярная шваннома (невринома слухового нерва). Вестибулярные шванномы встречаются довольно часто и составляют 8% всех внутричерепных образований, до 30% опухолей задней черепной ямки и 85% опухолей мосто-мозжечкового угла. Пациенты наиболее часто предъявляют жалобы на снижение слуха и головокружение [6, 8]. Для классификации опухолей в зависимости от размера применяют классификации Коос и Самии (рис. 6–8).

Классификация Коос

I стадия: опухоль не выходит за пределы внутреннего слухового прохода, диаметр составляет 1–10 мм.

II стадия: опухоль распространяется в мостомозжечковый угол, ее диаметр составляет 11–20 мм.

III стадия: опухоль достигает ствола головного мозга без его компрессии, диаметр 21–30 мм.

IV стадия: опухоль вызывает компрессию ствола головного мозга, ее диаметр более 30 мм.

Классификация М. Самии

T1 — интрамеатальная опухоль.

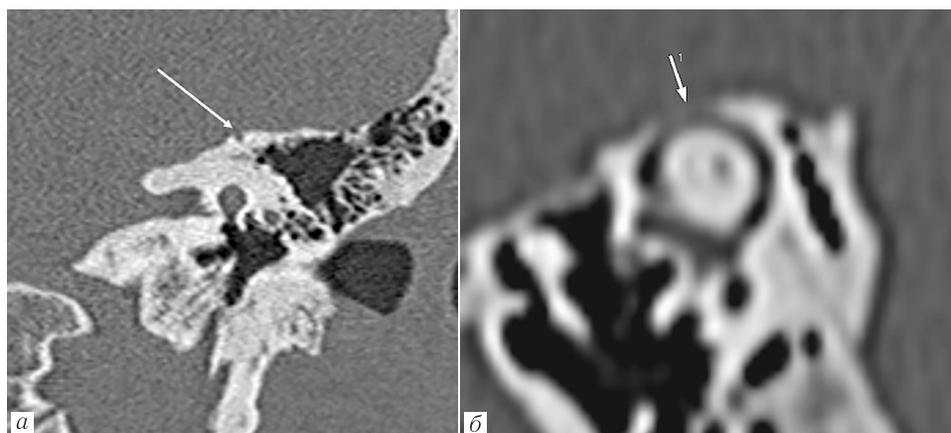


Рис. 5. Синдром Минора: *a* — МСКТ в корональной плоскости, стрелкой указан костный дефект в стенке переднего (верхнего) полукружного канала; *б* — реконструкция в плоскости переднего (верхнего) полукружного канала демонстрирует всю протяженность дефекта в его костной стенке (стрелка)

Fig. 5. Superior semicircular canal dehiscence syndrome: *a* — CT, coronal plane, arrow indicates a bony defect in the superior semicircular canal (SSC) wall; *б* — multiplanar reformation, oblique coronal plane shows the defect in the arcuate eminence (bony covering) of the SSC (arrow)

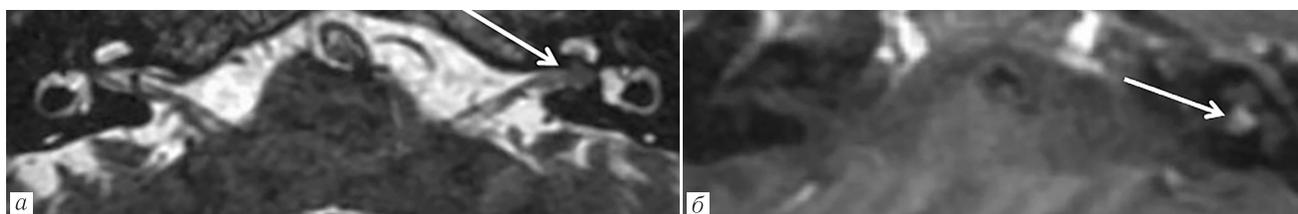


Рис. 6. Вестибулярная шваннома 1 ст. по Коос: *a* — изображение в аксиальной плоскости (ИП FIESTA), стрелкой указана опухоль во внутреннем слуховом проходе; *б* — T1-ВИ после внутривенного контрастирования демонстрирует активное, равномерное накопление контрастного препарата опухолью (стрелка)

Fig. 6. Vestibular schwannoma 1 grade: *a* — axial FIESTA image, small intracanalicular tumor (arrow); *б* — post-contrast T1 image shows intense enhancement of the tumor

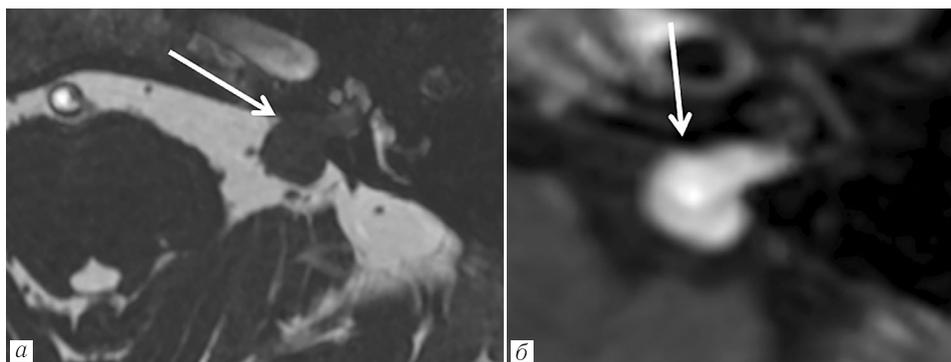


Рис. 7. Вестибулярная шваннома 2 ст. по Коос: *a* — изображение в аксиальной плоскости (ИП FIESTA), стрелкой указана опухоль, распространяющаяся из внутреннего слухового прохода в мостомозжечковую цистерну; *б* — T1-ВИ после внутривенного контрастирования демонстрирует активное, равномерное накопление контрастного препарата опухолью (стрелка)

Fig. 7. Vestibular schwannoma Koos grade 2: *a* — axial FIESTA image, small tumor with protrusion into the cerebellopontine cistern (arrow); *б* — post-contrast T1 image shows intense, uniform enhancement of the tumor

T2 — интра-экстрамезенцефальная опухоль.

T3a — опухоль заполняет мостомозжечковую цистерну.

T3b — опухоль распространяется до ствола головного мозга.

T4a — опухоль вызывает компрессию ствола головного мозга.

T4b — опухоль грубо деформирует ствол мозга и IV желудочек.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) до и после контрастного усиления обеспечивает максимальную диагностическую информацию о локализации, размерах, структуре опухоли и ее отношении к окружающим структурам. При МРТ опухоли, как

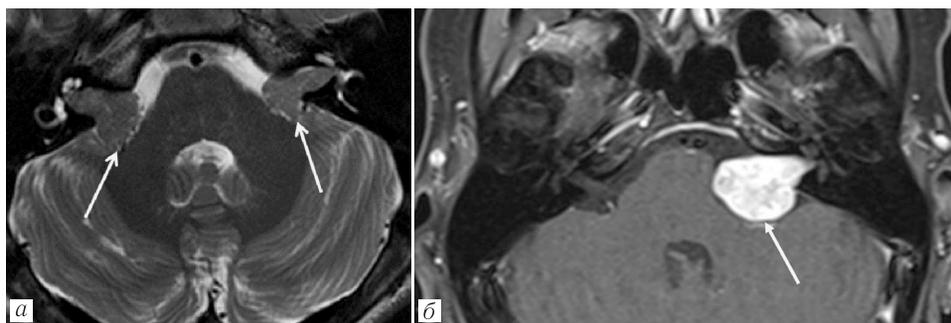


Рис. 8. *a* — T2-взвешенное изображение, стрелками указаны двусторонние вестибулярные шванномы (3 ст. по Koos) у пациента с нейрофиброматозом 2 типа; *б* — постконтрастное T1-ВИ, опухоль 4 ст. по Koos, компрессирующая среднюю ножку мозжечка (стрелка)

Fig. 8. Bilateral vestibular schwannomas Koos grade 3 in a boy with type 2 neurofibromatosis: *a* — axial FIESTA image, bilateral tumors occupying the cerebellopontine cistern with no brainstem displacement (arrows); *б* — post-contrast T1 image shows large Koos grade 4 tumor with brainstem and cranial nerve displacement

правило, изо- или слабогипоинтенсивны по сравнению с веществом мозга на T2-ВИ, в больших опухолях часто визуализируются мелкие кисты, характерным является интенсивное накопление контрастного препарата после внутривенного усиления [6, 8].

Значительно реже встречаются интралабиринтные опухоли, которые исходят из шванновских клеток, окружающих терминальные волокна вестибулярного и кохлеарного нервов внутри мембранозного лабиринта внутреннего уха. Клинически такие образования могут имитировать болезнь Меньера, сопровождаясь приступами головокружения, флуктуирующим шумом, сенсоневральной тугоухостью и заложенностью уха. В зависимости от локализации выделяют следующие варианты интралабиринтных опухолей: интракохлеарная, интравестибулярная, интравестибулярно-интракохлеарная, трансмодиолярная, трансмакулярная [9] (рис. 9–13).

мешка — это медленно растущие деструктивные образования задних отделов височной кости, как правило односторонние, но в рамках болезни фон Гиппель-Линдау описаны и двусторонние варианты. Клинически они, как правило, проявляются нейросенсорной тугоухостью, также часто наблюдаются субъективный ушной шум, головокружение, может иметь место парез лицевого нерва, меньероподобные симптомы. Как правило, данные опухоли исходят из водопровода преддверия, содержащего эндолимфатический проток, где происходит резорбция эндолимфы, и их центральная часть приходится на задний (ретролабиринтный) отдел каменистой части височной кости [10].

По данным КТ опухоль эндолимфатического мешка представляет собой зону деструкции, эрозии каменистой части височной кости инфильтративного характера, кость может иметь вид «изъеденной молью», со спикурообразными обызвествлениями



Рис. 9. Типы интралабиринтных шванном: А — интракохлеарная; В — интравестибулярная; С — интравестибулярно-интракохлеарная; D — трансмодиолярная; E — трансмакулярная (по Lee S.U. et al. Front. Neurol. 2019. Vol. 10)

Fig. 9. Types of intralabyrinthine schwannomas: A — intracochlear; B — intravestibular; C — intravestibular-cochlear; D — transmodiolar; E — transmacular (Lee S.U. et al. Front. Neurol. 2019. Vol. 10)

На сильно T2-взвешенных изображениях с тонкими срезами мелкие интралабиринтные опухоли выглядят как участок гипоинтенсивного сигнала («дефект наполнения») на фоне высокой интенсивности сигнала от жидкостей внутреннего уха, с замещением его гипоинтенсивным участком, после внутривенного контрастного усиления активно накапливают контрастный препарат.

Опухоль эндолимфатического мешка

Опухоли, исходящие из лабиринта, весьма редки, одной из них, более частой, является опухоль эндолимфатического мешка. Опухоли эндолимфатического

или обызвествлениями по заднему контуру образования [10] (рис. 13).

При МРТ сигнальные характеристики являются гетерогенными на T2-взвешенных изображениях, с гипоинтенсивными участками на T1-ВИ, характерно активное, неравномерное накопление контрастного препарата, за исключением кистозного компонента опухоли [10] (рис. 14).

Эндолимфатический гидропс. Болезнь Меньера клинически проявляется приступами головокружения, флуктуирующим снижением слуха, шумом в ушах и ощущением заложенности уха.

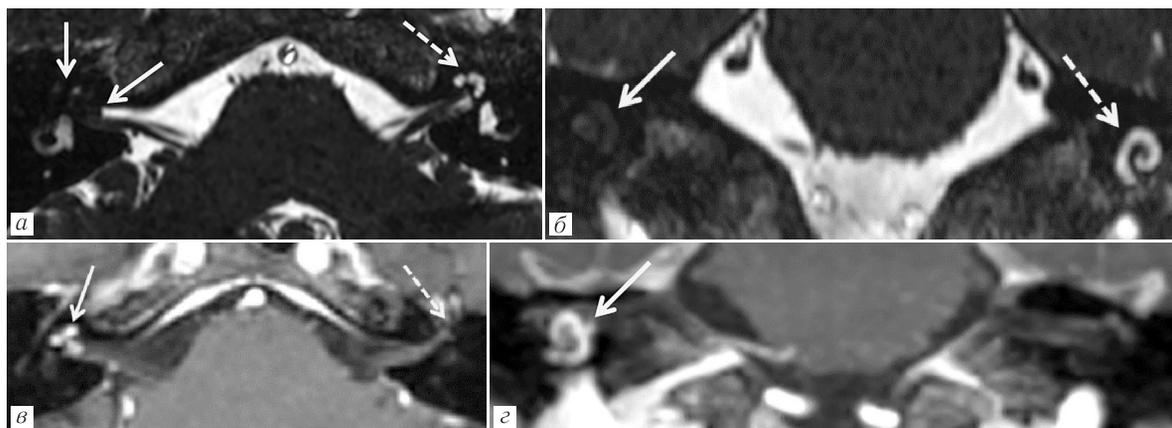


Рис. 10. Транс модиоларная шваннома: *а* — сильно T2-взвешенное изображение (FIESTA), белыми стрелками указан компонент опухоли в области дна наружного слухового прохода и в улитке, приводящий к снижению сигнала от нее, пунктирной стрелкой указана неизменная улитка слева; *б* — сильно T2-взвешенное изображение (FIESTA), реконструкция в корональной плоскости, белой стрелкой указан компонент опухоли в улитке, заполняющий ее, пунктирной стрелкой указана неизменная улитка слева; *в* — постконтрастное T1-взвешенное изображение демонстрирует интенсивное накопление контрастного препарата образованием, белая стрелка, слева пунктирной стрелкой указана неизменная улитка без патологического контрастирования; *г* — постконтрастное T1-взвешенное изображение, реконструкция в корональной плоскости, белой стрелкой указан опухолевый компонент в улитке справа, активно накапливающий контрастный препарат

Fig. 10. Transmodiolar schwannoma: *a* — heavily T2-weighted image (FIESTA), solid arrows indicate the tumor in the cochlear aperture and within the cochlea. Dashed arrow — normal cochlea on the left; *б* — FIESTA image, coronal plane, solid arrow indicates the tumor filling the cochlea on the right. Dashed arrow — normal cochlea on the left; *в* — postcontrast T1-weighted image showing enhancement of the tumor, solid arrow, dashed arrow — normal non-enhancing cochlea on the left; *г* — postcontrast T1-weighted image, coronal plane, showing enhancement of the tumor, solid arrow

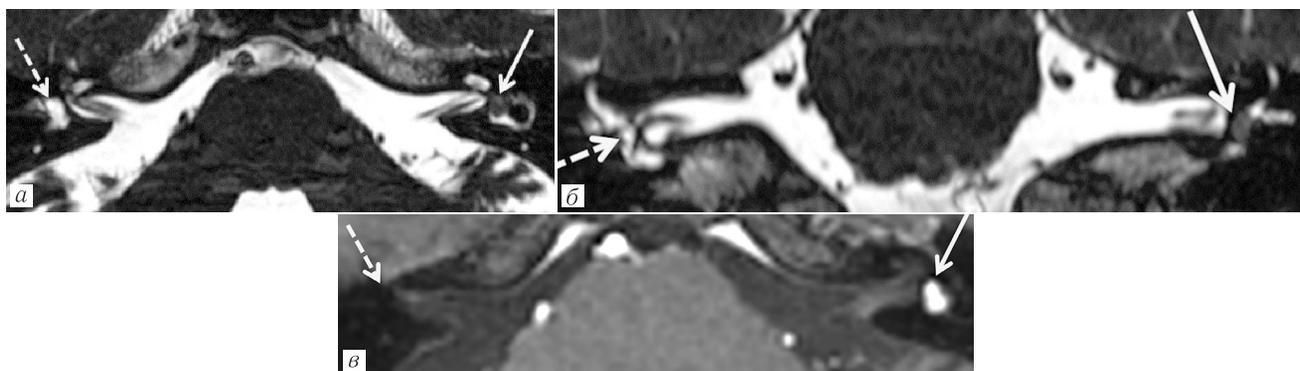


Рис. 11. Интравестибулярная шваннома: *а* — сильно T2-взвешенное изображение (FIESTA), белой стрелкой указана опухоль в преддверии слева, в виде округлого участка гипоинтенсивного сигнала, пунктирной стрелкой указано неизменное преддверие справа; *б* — сильно T2-взвешенное изображение (FIESTA), реконструкция в корональной плоскости, белой стрелкой указана опухоль в преддверии слева, пунктирной стрелкой указано неизменное преддверие справа; *в* — постконтрастное T1-взвешенное изображение демонстрирует интенсивное накопление контрастного препарата образованием в преддверии слева (белая стрелка), справа пунктирной стрелкой указано неизменное преддверие, без патологического накопления контрастного препарата

Fig. 11. Intravestibular schwannoma: *a* — heavily T2-weighted image (FIESTA), solid arrow indicates the tumor in the vestibule. Dashed arrow — normal vestibule on the right; *б* — FIESTA image, coronal plane, solid arrow indicates the tumor in the vestibule. Dashed arrow — normal cochlea on the right; *в* — postcontrast T1-weighted image showing enhancement of the tumor, solid arrow, dashed arrow — normal non-enhancing vestibule on the right

Морфологическим субстратом развития болезни Меньера считается идиопатическое увеличение эндолимфатических пространств внутреннего уха — эндолимфатический гидропс. В 2007 г. Nakashima и соавт. продемонстрировали отдельную визуализацию пери- и эндолимфатических пространств внутреннего уха после интратимпанального введения гадолиний-

содержащего контрастного препарата, за счет поступления контрастного вещества в перилимфатические пространства внутреннего уха. К настоящему моменту все более широкое применение находит методика оценки гидропса лабиринта методом МРТ с отсроченным контрастированием после внутривенного введения контрастного вещества.

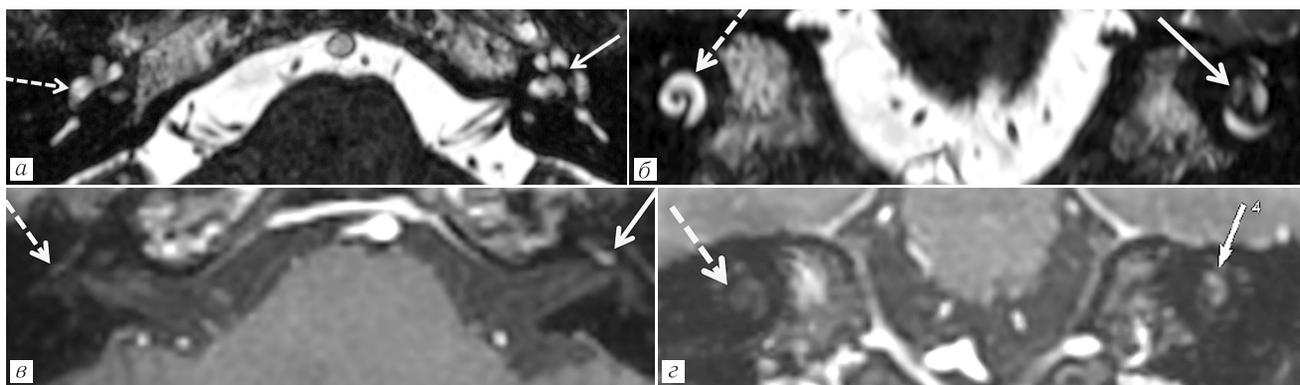


Рис. 12. Интракохлеарная шваннома: *a* — сильно T2-взвешенное изображение (FIESTA), белой стрелкой указан компонент опухоли среднего завитка улитки слева, приводящий к снижению сигнала от нее, пунктирной стрелкой указана неизменная улитка справа; *б* — сильно T2-взвешенное изображение (FIESTA), реконструкция в корональной плоскости, белой стрелкой указан компонент опухоли в улитке, заполняющий ее, пунктирной стрелкой указана неизменная улитка справа; *в* — постконтрастное T1-взвешенное изображение демонстрирует интенсивное накопление контрастного препарата образованием (белая стрелка), справа пунктирной стрелкой указана неизменная улитка, без патологического контрастирования; *г* — постконтрастное T1-взвешенное изображение, реконструкция в корональной плоскости, белой стрелкой указан опухолевый компонент в улитке слева, активно накапливающий контрастный препарат, повторяющий форму завитка улитки

Fig. 12. Intracochlear schwannoma: *a* — heavily T2-weighted image (FIESTA), solid arrows indicate the tumor within the middle turn of the cochlea. Dashed arrow — normal cochlea on the right; *б* — FIESTA image, coronal plane, solid arrow indicates the tumor in the cochlea on the left. Dashed arrow — normal cochlea on the right; *в* — postcontrast T1-weighted image showing enhancement of the tumor, solid arrow, dashed arrow — normal non-enhancing cochlea on the right; *г* — postcontrast T1-weighted image, coronal plane, showing enhancement of the tumor, solid arrow. Dashed arrow — normal non-enhancing cochlea on the right

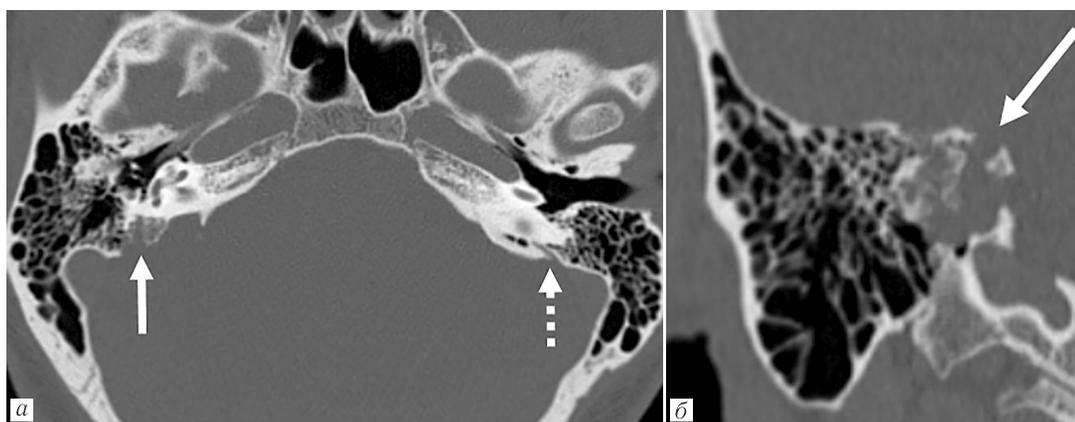


Рис. 13. Опухоль эндолимфатического мешка справа, гистологически верифицированная, данные МСКТ: *a* — аксиальная плоскость, зона остеодеструкции, эрозии каменной части височной кости указана сплошной стрелкой. Слева неизменные задние отделы каменной части височной кости, пунктирной стрелкой указан водопровод преддверия; *б* — корональная плоскость

Fig. 13. Right-sided endolymphatic sac tumor (with histologic verification), CT data: *a* — an arrow on the right indicates bone destruction in the petrous part of the right temporal bone, arrow on the left shows normal vestibular aqueduct on the right; *б* — reformatted sagittal plane, an arrow indicates bone destruction involving the wall of the posterior semicircular canal

Использование изображений с максимально возможным соотношением сигнал-шум, полученных на томографах с индукцией магнитного поля 3Т в режиме 3D-FLAIR или 3D-импульсная последовательность быстрого спинного эхо инверсия-восстановление (IR-TSE) позволяют достоверно дифференцировать эндолимфатические пространства и прижизненно верифицировать гидропс посредством МРТ [6, 11] (рис. 15).

Лабиринтит. Лабиринтит — воспаление перепончатого лабиринта, может быть следующей этиологии: тимпаногенный, посттравматический, менингогенный, гематогенный, аутоиммунный. До начала широкого внедрения МРТ данная патология была недоступна оценке методами визуализации, однако в настоящее время накопление контрастного вещества лабиринтом после внутривенного усиления, понижение интенсивности сигнала на T2-ВИ

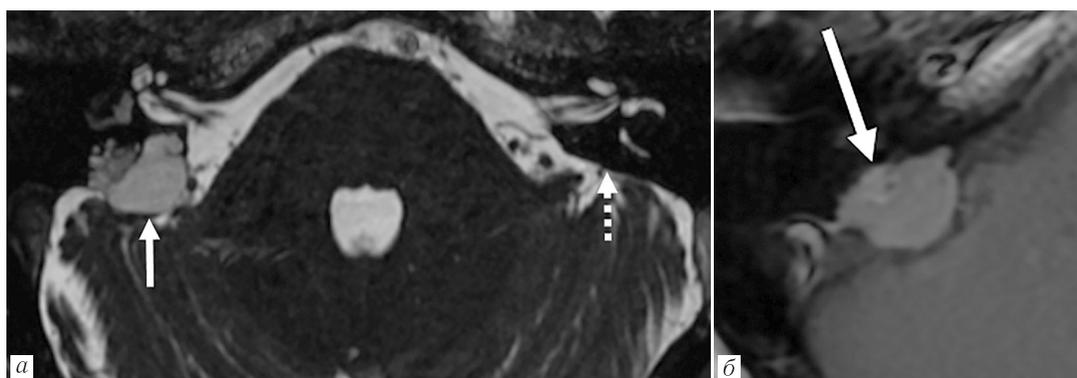


Рис. 14. Опухоль эндолимфатического мешка справа, гистологически верифицированная, данные МРТ: *a* — на аксиальном изображении в ИП FIESTA указан кистозный компонент опухоли, снижена интенсивность сигнала от преддверия и полукружных каналов справа; *б* — T1-взвешенное изображение, накопление контрастного препарата солидным компонентом опухоли после внутривенного контрастного усиления

Fig. 14. Right-sided endolymphatic sac tumor (with histologic verification), MRI data: *a* — FIESTA image: solid arrow indicates thy cystic portion of the tumor; there is a marked decrease in the signal intensity of the vestibule and semicircular canals), the lesion is circumscribed, on the left dashed arrow indicates intact temporal bone; *б* — post-contrast T1-weighted image shows moderate enhancement of the solid part of the tumor (arrow)

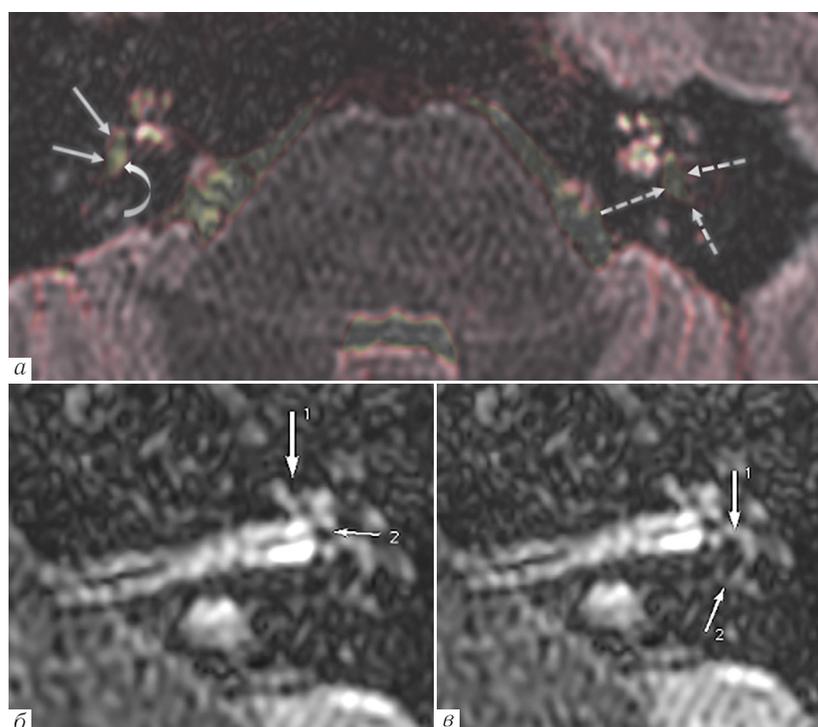


Рис. 15. Исследование внутреннего уха с отсроченным контрастированием: *a* — объединенный вид, совмещенные изображения ИП FIESTA и 3D-FLAIR: справа неизмененные структуры преддверия (саккулярная и утрикулярная макулы, сплошные стрелки) видны на фоне контрастированной перилимфы (изогнутая стрелка) в виде отдельных округлых гипоинтенсивных структур; слева контрастированная перилимфа не прослеживаются, мешочек и маточка сливаются в единую структуру и заполняют преддверие (пунктирные стрелки); *б* — кохлеарный гидропс: расширение не накапливающего контрастное вещество протока улитки (1), с сохранением вокруг частей накопившей контрастное вещество перилимфы в *scala vestibuli*; *в* — вестибулярный гидропс: заполнение костного лабиринта расширенными эндолимфатическими пространствами (2), контрастированная перилимфа по периферии визуализируется в виде узкой гиперинтенсивной полоски (1)

Fig. 15. Delayed enhancement study of the inner ear: *a* — combined FIESTA and 3D-FLAIR images: on the right normal, separate round hypointense saccule and utricle (solid arrows) are seen surrounded by the enhancing perilymph (curved arrow); on the left the perilymph cannot be seen due to the enlargement of the saccule and utricle that are confluent and fill up the vestibule (dashed arrows); *б* — cochlear hydrops: enlarge hypointense cochlear duct (1), next to enhancing perilymph in the *scala vestibuli*; *в* — vestibular hydrops: bony labyrinth filled enlarged endolymphatic spaces (2), enhanced perilymph only seen as a thin hyperintense line (1)

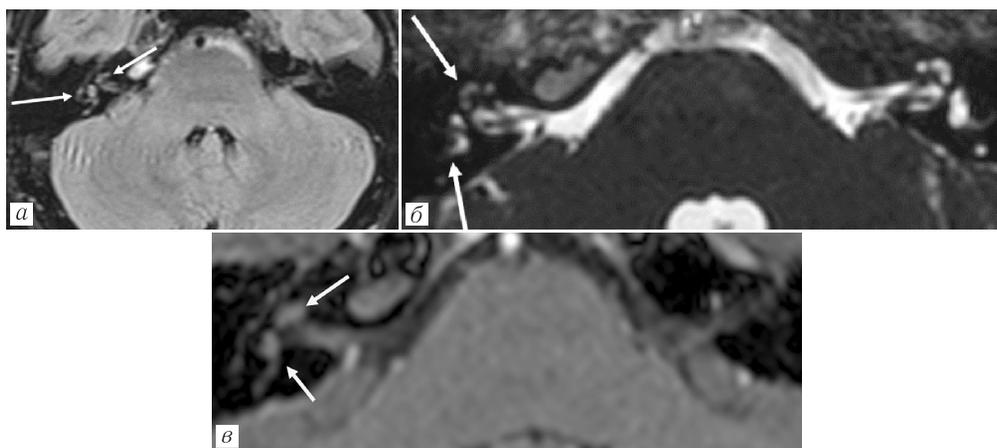


Рис. 16. Лабиринтит у пациента с подострой правосторонней вестибулопатией смешанного генеза и острой правосторонней сенсоневральной тугоухостью (степень потери слуха — глухота) после перенесенного ОРВИ: *a* — FLAIR ИП демонстрирует повышение интенсивности сигнала от улитки и полукружных каналов (стрелки) за счет чувствительности данной ИП к наличию белка; *б* — FIESTA ИП демонстрирует снижение интенсивности сигнала от вовлеченного лабиринта; *в* — постконтрастное T1-ВИ, накопление контрастного препарата лабиринтом справа

Fig. 16. Labyrinthitis in a patient with subacute right-sided vestibulopathy and acute right-sided sensorineural hearing loss, after a respiratory viral infection: *a* — FLAIR demonstrates an increase in signal intensity of the cochlea and semicircular canals (arrows) due to the ability of this sequence to detect even the slightly elevated protein levels in fluid; *б* — FIESTA demonstrates a decreased signal intensity of the involved right labyrinth (arrows); *в* — postcontrast T1-weighted image, contrast enhancement of the labyrinth on the right (arrows)

и повышение в ИП FLAIR позволяет с уверенностью поставить данный диагноз. Независимо от этиологии МРТ-проявления лабиринтита идентичны. В некоторых случаях результат МРТ может быть ложноотрицательным. В случаях травмы преконтрастные T1-ВИ позволяют также дифференцировать кровоизлияние и воспалительные изменения [6].

Обсуждение. Головокружение считается многофакторным явлением, что и обуславливает необходимость комплексного подхода к обследованию пациентов с жалобами на нарушение равновесия. В данном обзоре представлены ключевые анатомические особенности и патологические состояния, соответствующие методы визуализации и диагностические находки по результатам визуализации. Пациентов с головокружением направляют из амбулаторных учреждений, часто из неврологических, ЛОР-клиник или специализированных вестибулологических, отоневрологических лабораторий после детального клинического обследования и обычно с различными дополнительными исследованиями, такими как аудиометрия, сердечно-сосудистые и вестибулярные тесты (например, видеонистагмография). Подходы к визуализации головокружения остаются противоречивыми, широко варьируются в клинической практике и зависят от локальных предпочтений. МРТ играет важную роль при обследовании пациентов с головокружением и является высокоэффективным методом в обнаружении как периферических, так и центральных причин головокружения.

Выявление патологических изменений при головокружении методами визуализации и дифференциальная диагностика в некоторых случаях могут быть сложны для рентгенолога. Самым важным является

выбор правильного метода визуализации — компьютерной томографии или магнитно-резонансной томографии высокого разрешения для выявления различных патологий. В зависимости от искомой патологии КТ или МРТ могут быть достаточны самостоятельно или применяться в сочетании. КТ позволяет детально визуализировать костные структуры, а МРТ обеспечивает высокую контрастность мягких тканей. Поражения внутреннего уха и мостомозжечкового угла могут быть очень мелкими, поэтому используются КТ и МРТ с тонкими срезами, с возможностью построения мультипланарных реконструкций. Компьютерная томография применяется для оценки костных структур, выявления аномалий строения, дегисценций в костных стенках лабиринта, участков измененной плотности. МРТ применяют при исследовании заполненных эндолимфой структур внутреннего уха и восьмой пары черепных нервов для выявления острых воспалительных изменений и опухолевых поражений. Современные магнитно-резонансные томографы предоставляют возможность получать изображения с тонкими срезами (менее 1 мм). С помощью последовательности 3D-FLAIR с разным временем инверсии, применяя специальные методы постобработки, можно дифференцировать пространства эндолимфы и перилимфы в силу разницы в отсроченном накоплении контрастного вещества.

Заключение. Причины вестибулярной дисфункции весьма многообразны и требуют от рентгенолога детального понимания нормальной лучевой анатомии височной кости и возможностей специализированного, прицельного обследования вестибулярного анализатора методами КТ и МРТ. Учитывая огромные физические и психологические эффекты головокру-

жения, клинические и диагностические усилия необходимо сосредоточить на выявлении и коррекции излечимых состояний. Эффективное лечение головокружения лучше всего достигается при междисциплинарном подходе с применением комплексной диагностики и подходов к лечению. Методы визуализации

являются полезным инструментом в мультимодальном обследовании пациентов с головокружением, поскольку дают дополнительную информацию, имеющую фундаментальное значение для дифференциальной диагностики, окончательной постановки диагноза, планирования терапии и последующего наблюдения.

Сведения об авторах:

Жорина Анна Сергеевна — врач-рентгенолог, клиника «Скандинавия»; 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 55А, e-mail: zhorina.anna@gmail.com; ORCID 0000-0001-6487-6894;

Воронов Виктор Алексеевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник доцент кафедры оториноларингологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; e-mail: voronov.ent@yandex.ru; ORCID 0000-0002-3859-6298;

Демиденко Диана Юрьевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; e-mail: terra_rasa@mail.ru; ORCID 0000-0003-4604-5039;

Жорина Ольга Михайловна — кандидат медицинских наук, заведующая отделением томографии больницы Петра Великого, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; e-mail: zhorinaom@gmail.com; ORCID 0000-0002-9116-737X.

Information about authors:

Anna S. Zhorina — radiologist, Clinic «Scandinavia»; 55A Liteyny ave., St. Petersburg, 191014, e-mail: zhorina.anna@gmail.com, ORCID 0000-0001-6487-6894;

Viktor A. Voronov — Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «I. I. Mechnikov Northwestern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 41 Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, e-mail: voronov.ent@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3859-6298;

Diana Yu. Demidenko — Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «I. I. Mechnikov Northwestern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 41 Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, e-mail: terra_rasa@mail.ru, ORCID 0000-0003-4604-5039; *Olga M. Zhorina* — Cand. of Sci. (Med.), Head of the Tomography Department of Peter the Great Hospital, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «I. I. Mechnikov Northwestern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 41 Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, e-mail: zhorinaom@gmail.com, ORCID 0000-0002-9116-737X.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в клиническое наблюдение и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *В. А. Воронов, Д. Ю. Демиденко, О. М. Жорина*; сбор и анализ данных — *А. С. Жорина, О. М. Жорина, В. А. Воронов, Д. Ю. Демиденко*; подготовка рукописи — *А. С. Жорина, О. М. Жорина, В. А. Воронов, Д. Ю. Демиденко*.

Authors' contributions. All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contributions: aided in the concept and plan of the study — *VAV, DYuD, OMZh*; provided collection and analysis of data — *ASZh, OMZh, VAV, DYuD*; *ASZh, OMZh, VAV, DYuD* work on the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare they have no conflict of interest.

Поступила/Received: 31.01.2024

Принята к печати/Accepted: 29.05.2024

Опубликована/Published: 29.06.2024

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Гусева А.Л., Пальчун В.Т. Хроническое головокружение: подходы к диагностике и лечению // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2020. Т. 120, № 12. С. 131–137. [Guseva A.L., Palchun V.T. Chronic dizziness: approaches to diagnosis and individuality. *Journal of Neurology and Psychiatry named after K. S. Korsakov*, 2020, Vol. 120, No. 12, pp. 131–137 (In Russ.)], doi: 10.17116/jnevro2020120121131.
2. Кудрявцева А.С., Амелин А.В. Диагностическая значимость клинических вестибулярных тестов в обследовании пациентов с головокружением // *Приоритетные задачи и стратегии развития медицины и фармакологии: сборник научных трудов*. Вып. I. Тольятти, 2016. С. 26–30. [Kudryavtseva A.S., Amelin A.V. Diagnostic significance of effective vestibular tests when examining patients with dizziness. *Priority objectives and strategy for the development of medicine and pharmacology: collection of scientific papers*. Vol. I. Tolyatti, 2016, pp. 26–30 (In Russ.)].
3. Замерград М.В., Балязина Е.В. Вестибулярная пароксизмия // *Неврологический журнал*. 2016. Т. 21, № 2. С. 68–73. [Zamergrad M.V., Balyazina E.V. Vestibular paroxysmia. *Neurological Journal*, 2016, Vol. 21, No. 2, pp. 68–73 (In Russ.)], doi: 10.18821/1560-9545-2016-21-2-68-73.
4. Feraco P., Piccinini S., Gagliardo C. Imaging of inner ear malformations: a primer for radiologists // *La radiologia medica*. 2021. Vol. 126, No. 10. P. 1282–1295, doi: 10.1007/s11547-021-01387-z.
5. Karamitros A., Kalamatianos T., Stranjalis G., Anagnostou E. Vestibular paroxysmia: clinical features and imaging findings; a literature review // *Journal of Neuroradiology*. 2022. Vol. 49, No. 2. P. 225–233, doi: 10.1016/j.neurad.2021.07.007.

6. Malak W., Hagiwara M., Nguyen V. Neuroimaging of dizziness and vertigo // *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2021. Vol. 54, No. 5. P. 893–911, doi: 10.1016/j.otc.2021.06.001.
7. Eberhard K.E., Chari D.A., Nakajima H.H. Current trends, controversies, and future directions in the evaluation and management of superior canal dehiscence syndrome // *Frontiers in Neurology*. 2021. Vol. 12. P. 638574, doi: 10.3389/fneur.2021.638574.
8. Шиманский В.Н., Танышин С.В., Шевченко К.В., Одаманов Д.А. Хирургическое лечение невринома слухового нерва (вестибулярных шванном) // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2017. Т. 81, № 3. С. 66–76. [Shimansky V.N. et al. Surgical treatment of acoustic neuromas (vestibular schwannomas). *Issues of neurosurgery named after N.N. Burdenko*, 2017, Vol. 81, No. 3, pp. 66–76 (In Russ.)], doi: 10.17116/neiro201781366-76.
9. Lee S.U., Bae Y.J., Kim H.J. et al. Intralabyrinthine schwannoma: distinct features for differential diagnosis // *Frontiers in neurology*. 2019. Vol. 10. P. 750, doi: 10.3389/fneur.2019.00750.
10. Poletti A.M., Dubey S.P., Colombo G., Cugini G., Mazzoni A. Treatment of endolymphatic sac tumour (Papillary adenocarcinoma) of the temporal bone // *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy*. 2016. Vol. 21, No. 4. P. 391–394, <https://doi.org/10.1016/j.rpor.2015.06.003>.
11. Baráth K., Schuknecht B., Naldi A.M., Schrepfer T., Bockisch C.J., Hegemann S.C. Detection and grading of endolymphatic hydrops in Menière disease using MR imaging // *American Journal of Neuroradiology*. 2014. Vol. 35, No. 7. P. 1387–1392, doi: 10.3174/ajnr.A3856.

Тематические издания, посвященные изучению COVID-19



Монографии подготовлены в виде избранных лекций по отдельным направлениям как информационно-аналитические издания для непрерывного медицинского образования с использованием первого клинического опыта. На основании анализа публикаций ведущих клиник и лабораторий, работающих в области изучения новой коронавирусной инфекции COVID-19, освещены природа вируса, патогенез и клинические проявления заболевания. Дан анализ применяемых методов лечения и профилактики. Введены элементы анализа течения инфекции в различных регионах и странах мира, представлено осмысление авторами эпидемического процесса и организации помощи больным. В ряду диагностических методов описаны клинические, лабораторные и инструментальные, включая молекулярно-биологические, биохимические, радиологические исследования возможных изменений. Уделено особое внимание иммунной системе и органам пищеварения при COVID-19.

Издания подготовлены для врачей и клинических ординаторов различного профиля, работающих в период развития эпидемии коронавирусной инфекции, аспирантов и студентов медицинских вузов.

Приобрести книги вы можете на сайте
Балтийского медицинского образовательного центра
<https://bmoc-spb.ru/izdat/>, тел.: (812) 956-92-55