

## Магнитно-резонансная томография в диагностике доброкачественного пароксизмального позиционного головокружения

Манакова Я.Л.<sup>1,2\*</sup>, Дергилев А.П.<sup>1</sup>, Гаршина Е.В.<sup>1,2</sup>, Водолазская Ю.В.<sup>2</sup>, Задильская К.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России

<sup>2</sup>ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница»

## Magnetic resonance tomography in the diagnosis of benign paroxysmal positional vertigo

Manakova Ya.L.<sup>1,2\*</sup>, Dergilev A.P.<sup>1</sup>, Garshina E.V.<sup>1,2</sup>, Vodolazskaya Yu.V.<sup>2</sup>, Zadilskaya K.Yu.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Medical University

<sup>2</sup>Novosibirsk State Regional Clinical Hospital

### АННОТАЦИЯ

Доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение (ДППГ) является наиболее частой формой вестибулярной дисфункции, ассоциированной с выраженным дистрессом и снижением качества жизни пациентов. Цель исследования: совершенствование МРТ-визуализации полукружных каналов в норме и при доброкачественном пароксизмальном позиционном головокружении. Магнитно-резонансная томография выполнена 80 пациентам (получены изображения полукружных каналов 160 височных костей). Из них 65 больных с головокружением и 15 пациентов без вестибулярных симптомов. Всем пациентам выполнена стандартная МРТ головного мозга на магнитно-резонансном томографе SIGNA EXCITE HD 1.5T Twin Speed (GE, MEDICAL SYSTEMS), дополненная импульсной последовательностью 3D FIESTA-C. Наиболее частым симптомом у пациентов с ДППГ были точечные дефекты наполнения в правом заднем полукружном канале. Целесообразно включение МРТ в диагностический алгоритм пациентам с головокружением наряду с позиционными методиками и традиционными методами исследования вестибулярного анализатора. Обследование больных с вестибулярным головокружением с применением импульсной последовательности 3D FIESTA-C является более точным по сравнению со стандартной методикой МРТ и обеспечивает получение важной диагностической информации.

**Ключевые слова:** доброкачественное позиционное головокружение, полукружные каналы, каналолитиаз, МРТ, импульсная последовательность 3D FIESTA-C.

### ABSTRACT

Benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) is the most common form of vestibular dysfunction associated with marked distress and a decrease in the quality of life of patients. The purpose of the study was to improve the MRI imaging of the semicircular canals in the norm and in benign paroxysmal positional vertigo. Magnetic resonance imaging was performed in 80 patients (images of semicircular canals of 160 temporal bones were obtained). Among them, there were 65 patients with vertigo and 15 patients without vestibular symptoms. All patients underwent standard brain MRI on a magnetic resonance tomograph SIGNA EXCITE HD 1.5T Twin Speed (GE, MEDICAL SYSTEMS), supplemented with a pulse sequence of 3D FIESTA-C. The most common symptom in patients with BPPV was point defects of filling in the right posterior semicircular canal. It is advisable to include MRI in the diagnostic algorithm for patients with vertigo along with positional techniques and traditional methods of examining the vestibular analyzer. Examination of patients with vestibular vertigo using the pulse sequence (3D FIESTA-C) is more accurate than the standard MRI technique and provides important diagnostic information.

**Keywords:** benign positional vertigo, semicircular canals, canalithiasis, MRI, pulse sequence of 3D FIESTA-C.

Поступила 14.12.2017  
Принята 17.01.2018

\*Автор, ответственный за переписку

Манакова Яна Леонидовна: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.  
E-mail: ymanakova@mail.ru

Received 14.12.2017  
Accepted 17.01.2018

\*Corresponding author

Manakova Yana Leonidovna: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia.  
E-mail: ymanakova@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Головокружение является одной из наиболее частых жалоб, с которой ежедневно обращаются как к врачам общей практики, так и врачам других специальностей — оториноларингологу, неврологу, психиатру. Головокружение может быть проявлением различных заболеваний, чаще всего не представляющих серьезных угроз здоровью, но значительно снижающих качество жизни пациента. Традиционно в отечественной и зарубежной литературе выделяют вестибулярное головокружение (системное — vertigo) и невестибулярное (несистемное — dizziness). Эти два термина охватывают ряд мультисенсорных и сенсомоторных синдромов различной этиологии и патогенеза, требующих междисциплинарного подхода в диагностике и лечении.

По мнению большинства исследователей, в 65,9–80 % случаев головокружение обусловлено заболеваниями периферического отдела вестибулярного анализатора. Заболевания центральной нервной системы, сопровождающиеся головокружением, встречаются существенно реже, у 10,9–20 % пациентов [1, 2].

Доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение (ДППГ), характеризующееся кратковременными эпизодами головокружения, связанными с быстрыми изменениями положения головы, составляет от 17 до 42 % всех причин головокружения [3]. Особенно высока распространенность ДППГ среди пожилых пациентов — до 68 % [2]. Термин «benign paroxysmal positional vertigo» был введен M.R. Dix и C.S. Hallpike, которые в 1952 г. на основании обследования 100 пациентов описали симптоматику ДППГ и предложили эффективную провокационную пробу, широко используемую и в настоящее время. При предложенной ими манипуляции пациент из положения сидя (на кушетке) с повернутой на 45° влево или вправо головой резко укладывается врачом на спину, запрокидывая голову на 30° назад, но с сохранением разворота в тестируемую сторону. Если проба положительная, то у пациента появится торсионно-вертикальный нистагм и типичное головокружение [4].

Традиционно термины «доброкачественное» и «пароксизмальное» используются для характеристики этой конкретной формы позиционного головокружения. В этом контексте термин «доброкачественное» подразумевает, что головокружение возникает не из-за какого-либо

## INTRODUCTION

Vertigo is one of the most frequent complaints that both general practitioners and physicians of other specialties — otorhinolaryngologist, neurologist, psychiatrist get daily. Vertigo can be a manifestation of various diseases, most often not having serious health threats, but significantly reducing patients' quality of life. Traditionally, in literature, vestibular vertigo (systemic vertigo) and non-vestibular (non-systemic dizziness) are distinguished. These two terms cover a number of multisensory and sensorimotor syndromes of different aetiology and pathogenesis, requiring an interdisciplinary approach in diagnosis and treatment.

According to majority of researchers vertigo is caused by diseases of the peripheral part of the vestibular analyzer in 65.9–80 % of cases. Diseases of the central nervous system, accompanied by dizziness, are much less common and occur in 10.9–20 % of patients [1, 2].

Benign paroxysmal positional vertigo (BPPV), characterized by brief episodes of dizziness associated with rapid changes in the position of the head, accounts for 17 to 42 % of all causes of dizziness [3]. Especially high prevalence of BPPV is among elderly patients up to 68 % [2]. The term «benign paroxysmal positional vertigo» was introduced by M.R. Dix and C.S. Hallpike in 1952. On the basis of a survey of 100 patients they described the symptoms of BPPV and proposed an effective provocative test, widely used at present. With the proposed manipulation, the patient from the sitting position (on the couch) with a 45° turn to the left or to the right is sharply laid by the doctor on his back, throwing his head back 30°, but keeping the turn to the tested side. If the sample is positive, the patient will have a torsional-vertical nystagmus and a typical vertigo [4].

Traditionally, the terms «benign» and «paroxysmal» are used to characterize this particular form of positional vertigo. In this context, the term «benign» implies that vertigo does not arise due to any serious CNS disorder and there is a general favorable prognosis for recovery. It is well known that 20–50 % of patients have a spontaneous regression of symptoms during about 1 month of observation, but long-term medically ineffective treatment of an incorrectly diagnosed disease can seriously affect the patient's condition, lead to postural phobic syndrome, cancerophobia, and patients with dizziness are at increased risk of falling [3, 5, 6].

серьезного расстройства ЦНС и существует общий благоприятный прогноз восстановления. Общеизвестно, что у 20–50 % пациентов отмечается спонтанный регресс симптоматики примерно в течение 1 месяца наблюдения, однако длительное безрезультатное медикаментозное лечение неправильно диагностированного заболевания может серьезным образом сказаться на состоянии пациента, привести к развитию постурального фобического синдрома, канцерофобии, а также пациенты с головокружением подвергаются повышенному риску падения [3, 5, 6].

В современной литературе рассматриваются различные теории патогенеза ДППГ, а также влияние коморбидной патологии (сахарный диабет, аутоиммунный тиреоидит, остеопороз, гиперхолестеринемия) и пола на его клинические проявления, диагностику, прогноз и лечение. Имеющиеся заболевания, возраст и пол значительно изменяют клиническую картину и течение основной нозологии, характер и тяжесть осложнений, ухудшают качество жизни больного, ограничивают или затрудняют лечебно-диагностический процесс [6, 7].

Патогенез ДППГ, по мнению большинства авторов, обусловлен перемещением фрагментов отолитов из преддверия в полукружный канал с формированием купулолитиаза (фрагменты отолитов на купуле) или каналолитиаза (частицы отолитов в просвете полукружного канала) с раздражением ампулярного рецептора [3, 6, 8, 9]. В 1992 г. L.S. Parnes и J.A. McClure подтвердили теорию «каналолитиаза», интраоперационно обнаружив свободно плавающие в эндолимфе заднего полукружного канала частицы [10].

Поскольку среди врачей общей практики наиболее распространена теория вертеброгенного генеза, лучевая диагностика при головокружении традиционно ограничивается выполнением пациентам рентгенографии шейного отдела позвоночника, ультразвукового исследования позвоночных артерий и/или магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга. Диагностированные дегенеративно-дистрофические изменения, варианты строения экстракраниальных отделов позвоночных артерий рассматривают в качестве причины головокружения, особенно при сочетании с миофасциальными, мышечно-тоническими и корешковыми синдромами. Стандартная МРТ головного мозга также зачастую не выявляет симптомов, позволяющих предполагать ДППГ [5, 11]. Кроме

In the modern literature, various theories of the pathogenesis of BPPV are considered, as well as the effect of comorbid pathology (diabetes mellitus, autoimmune thyroiditis, osteoporosis, hypercholesterolemia) and sex on its clinical manifestations, diagnosis, prognosis and treatment. The existing diseases, age and sex significantly change the clinical picture and course of the major disease, the nature and severity of the complications, worsen the quality of life of the patient, confine or complicate the therapeutic and diagnostic process [6, 7].

In the opinion of most authors, the pathogenesis of BPPV is due to the displacement of fragments of otoliths from the vestibule to the semicircular canal. The displacement results in cupulolithiasis (fragments of otoliths on the cupula) or canalolithiasis (otolith particles in the lumen of the semicircular duct) accompanied by stimulation of the ampullar receptor [3, 6, 8, 9]. In 1992 L.S. Parnes and J.A. McClure confirmed the theory of «canalolithiasis», having detected intraoperatively particle freely floating in the endolymph of the posterior semicircular canal [10].

Since among the general practitioners the theory of vertebrogenic genesis is most common, radiation diagnostics in case of vertigo is traditionally confined to radiography of the cervical spine, ultrasound of vertebral arteries and/or MRI of cerebrum. Diagnosed degenerative-dystrophic changes, variants of the structure of extracranial parts of vertebral arteries are considered as a cause of vertigo, especially when combined with myofascial, muscular-tonic and radicular syndromes. The standard brain MRT also often does not reveal symptoms suggestive of BPPV [5, 11]. In addition, the problem of differential diagnosis of vestibulopathies of different genesis with visualization of pathognomonic changes remains topical [1, 12, 13].

In the medical literature there are very few publications devoted to the obtaining of diagnostic images of semicircular canals, mainly in the context of developmental anomalies [9, 12, 14].

## AIM OF THE RESEARCH

Perfecting the technique of visualization of semicircular canals by MRI in normal condition and in case of BPPV.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in three stages. MRI was performed in 80 patients (images of semicir-

того, актуальной остается проблема дифференциальной диагностики вестибулопатий разного генеза с визуализацией патогномичных изменений [1, 12, 13].

В иностранной литературе имеются единичные публикации, посвященные получению диагностически значимых изображений полукружных каналов, преимущественно в контексте аномалий развития [9, 12, 14].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Совершенствование методики визуализации полукружных каналов при МРТ в норме и при ДППГ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в три этапа. МРТ выполнена 80 пациентам (получены изображения полукружных каналов 160 височных костей). Первый этап: разработка протокола сканирования и постпроцессорной обработки полученных изображений для прецизионной визуализации структур внутреннего уха. Пациентам (10 мужчин и 5 женщин) без патологических изменений в головном мозге в возрасте от 16 до 49 (средний возраст  $29.3 \pm 3.2$  года) лет (первая группа) после стандартного исследования головного мозга проведено сканирование с высоким разрешением структур основания черепа в режиме 3D FIESTA-C.

На втором этапе 29 пациентам (2 мужчин и 27 женщин) в возрасте от 21 до 48 лет (средний возраст  $33.2 \pm 4.7$  года) с типичными жалобами на внезапные сильные приступы системного головокружения, возникающие при определенных движениях и/или положениях головы, продолжительностью не более 30 с (вторая группа), после исключения МРТ-признаков патологии головного мозга и сосудов Виллизиева круга выполнена МРТ задней черепной ямки для уточнения характера изменений в полукружных каналах с использованием разработанного на первом этапе алгоритма.

В течение третьего этапа изучали возможности МРТ в дифференциальной диагностике головокружения. Проведено стандартное исследование головного мозга 36 пациентам (25 женщин и 11 мужчин) в возрасте от 45 до 78 лет (средний возраст  $65.4 \pm 6.7$  года) (третья группа), дополненное сканированием с высоким разрешением структур задней черепной ямки с последующей постпроцессорной обработкой.

Непосредственно перед проведением МРТ выполнено анкетирование пациентов второй

cular canals of 160 temporal bones were obtained). The first stage: the development of a scanning protocol and subsequent processing of the images for precise visualization of the structures of the inner ear. After standard cerebral examination patients of first group (10 males and 5 females) without pathological changes in the brain aged 16 to 49 (mean age  $29.3 \pm 3.2$  years) underwent high resolution scanning of skull base structures in 3D FIESTA-C mode.

The second group consisted of 29 patients (2 men and 27 women) aged 21 to 48 years (mean age  $33.2 \pm 4.7$  years) with typical complaints of sudden severe attacks of system vertigo arising in certain movements and/or positions of the head, no more than 30 s. In the second stage, after exclusion of MRI signs of the pathology of the brain and vessels of the Willis circle, patients from the second group underwent MRI of the posterior cranial fossa to clarify the nature of changes in the semicircular canals using the algorithm developed at the first stage.

During the third stage, we studied the possibility of MRI in differential diagnosis of vertigo. A standard brain study was performed in 36 patients (25 women and 11 men) aged 45 to 78 years (mean age  $65.4 \pm 6.7$  years) (third group), supplemented with high resolution scanning of posterior cranial fossa structures followed by post-processing.

Immediately prior to the MRI, questionnaires were carried out for the patients in the second and third groups using the VRBQ (Vestibular Rehabilitation Benefit Questionnaire) for detailed characterization of vertigo and assessing its effect on quality of life.

MRI was performed on the SIGNA EXCITE HD 1.5T Twin Speed (GE, MEDICAL SYSTEMS) in the Novosibirsk State Regional Clinical Hospital. The examination included both a standard MRI technique for assessing the brain and vessels of the Willis circle, as well as a special part designed to study the structures of the inner ear. The standard MP protocol included obtaining T1- and T2-weighted images in three orthogonal planes, as well as scanning in FLAIR, DWI, and 3DTOF modes. To study the structures of the inner ear we used a 3D FIESTA-C sequence (Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition — Cycled phases) in the axial plane with a target orientation of the cut block along internal auditory canals in the pyramids of temporal bones on T2-weighted images in the coronary plane. Scan parameters were the following: TR — 5.9 ms; TE — 2.2 ms; field of view —  $18 \times 18$  cm; freq — 320,

и третьей групп с использованием Модифицированного вестибулярного опросника VRBQ (Vestibular Rehabilitation Benefit Questionnaire) для детальной характеристики головокружения и оценки его влияния на качество жизни.

МРТ пациентам проводилась на томографе SIGNA EXCITE HD 1.5T Twin Speed (GE, MEDICAL SYSTEMS) на базе ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница». Обследование включало как стандартную методику МРТ для оценки состояния головного мозга и сосудов Виллизиева круга, так и специальную часть, предназначенную для изучения структур внутреннего уха. В стандартный МР-протокол входило получение T1- и T2-взвешенных изображений в трех ортогональных плоскостях, а также сканирование в режимах FLAIR, DWI и 3DTOF. Для изучения структур внутреннего уха использовалась импульсная последовательность 3D FIESTA-C (Fast Imaging Employing Steady-state Acquisition – Cycled phases), с параметрами сканирования TR – 5.9 ms; TE – 2.2 ms; field of view – 18 × 18 cm; freq – 320, phase – 256; flip angle – 65°; thickness – 0.8 mm, locs per slab – 32; NEX – 2) в аксиальной плоскости с прицельной ориентацией блока срезов по внутренним слуховым ходам в пирамидах височных костей на T2-взвешенных изображениях в коронарной плоскости.

Постпроцессорная обработка изображений, включающая применение MIP- и VR-реформаций, позволяла получить трехмерные реконструкции полукружных каналов и улитки в ортогональных и искривленных плоскостях, что существенно повысило информативность и наглядность изображений сложных анатомических объектов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На изображениях, полученных с применением импульсной последовательности 3D FIESTA-C, обеспечивающей интенсивный сигнал от цереброспинальной жидкости и эндолимфы в сочетании с высоким пространственным разрешением при отсутствии артефактов магнитной восприимчивости, полукружные каналы и улитки визуализировались как гиперинтенсивные структуры на фоне гипointенсивной костной ткани пирамид височных костей. На полученных изображениях в аксиальной плоскости толщиной 0.8 мм с учетом пространствен-

phase – 256; flip angle – 65°; thickness – 0.8 mm, locs per slab – 32; NEX – 2.

Subsequent image processing, including the use of MIP- and VR-reformation, made it possible to obtain three-dimensional reconstructions of semicircular canals and cochlea in orthogonal and curved planes, which significantly increased the informativeness and visibility of images of complex anatomical objects.

## RESULTS AND DISCUSSION

The images were obtained by the pulse sequence (3D FIESTA-C) providing an intense signal from the cerebrospinal fluid and the endolymph in combination with a high spatial resolution in the absence of magnetic susceptibility artifacts. On the obtained images the semicircular canals and cochlea were displayed as hyperintensive structures against the background of the hypointense bone tissue of the pyramids of the temporal bones. On the images in an axial plane with the thickness of 0.8 mm, only horizontal semicircular canals can be displayed on successive sections taking into account the spatial orientation and dimensions of the inner ear structures (Fig. 1).

For reliable visualization of all semicircular canals (horizontal, vertical and posterior), we developed a subsequent information processing protocol to obtain MIP images in planes parallel to the long axis of each of the 6 canals with a significant decrease in the field of view (field of view 3.2 cm) and variable thickness of layer (from 5 to 11 mm). For vivid visualization and volumetric representation of the structure and state of all semicircular canals and cochlea simultaneously, we used the VR-reformation (Fig. 2).

According to the results of our research, semicircular canals are displayed as arched, circumscribing two-thirds of the circle of hyperintense homogeneous structures with clear and smooth outer and inner contours. The canals are of different size: the posterior canal has a largest diameter of the arc, and a horizontal canal has the smallest diameter. The diameters of canal lumens are also variable (from 1 to 1.8 mm). At first glance, the canals are located in three mutually perpendicular planes. However, the upper and horizontal semicircular canals form an angle of 65 to 90°, the back and top channels form an angle from 85 to 115°, and only the horizontal and posterior channels are located at almost a right angle to each other.

ной ориентации и размеров структур внутреннего уха можно визуализировать только горизонтальные полукружные каналы на последовательных срезах (рис. 1).

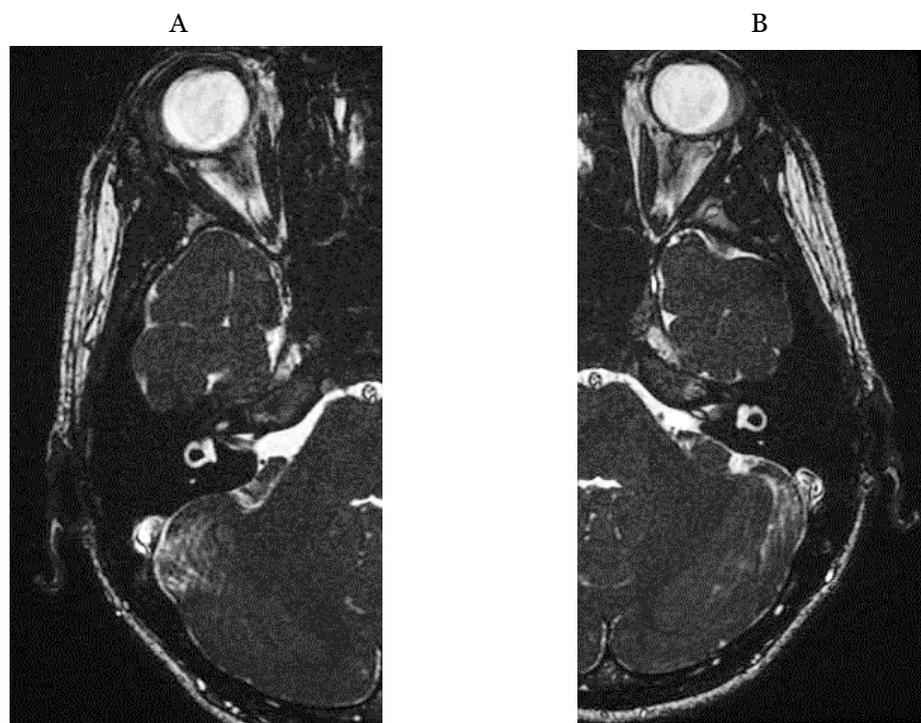
Для достоверной визуализации всех полукружных каналов (горизонтальных, вертикальных и задних) нами был разработан протокол постпроцессорной обработки информации с получением МР-изображений в плоскостях, параллельных длинной оси каждого из 6 каналов, с существенным уменьшением поля обзора (field of view 3.2 см) и вариабельной толщиной слоя (от 5 до 11 мм). Для наглядной визуализации и объемного представления о строении и состоянии одновременно всех полукружных каналов и улитки мы использовали VR-реформацию (рис. 2).

По результатам нашего исследования полукружные каналы визуализируются в виде дугообразных, описывающих две трети окружности гиперинтенсивных гомогенных структур с четкими и ровными наружными и внутренними контурами. Каналы разноразмерны: наибольший диаметр дуги имеет задний, а наименьший — горизонтальный канал. Диаметры просветов ка-

The vertical channel is located almost perpendicular to the longitudinal axis of the pyramid of the temporal bone and is oriented vertically in a plane making an angle of  $45^\circ$  with the frontal plane directed ventrolaterally. The horizontal channel with its arc is directed to the wall of the tympanic cavity and is located in a plane making an angle of  $30^\circ$  with the horizontal, open forward and upward. The plane in which the posterior canal lies is parallel to the posterior surface of the pyramid and also forms an angle of  $45^\circ$  with the coronary plane, but it is open dorso-laterally. When analyzing the orientation of semicircular canals on both sides, coplanarity was revealed in each patient — six canals are arranged in such a way that for each canal there is an opposite one in the same plane in the contralateral ear [9].

In 14 (93 %) patients of the first group, the shape of the semicircular canals was perfect: without deformations of the walls, the structure is uniform — without filling defects, the ratio of the diameters is normal, the angles between the arcs reach  $90^\circ$  and are symmetrically located in the pyramids of the temporal bones on both sides (Fig. 3).

High information content of images of semicircular canals when using the pulse sequence (3D



**Рис. 1.** Изображения, полученные с применением импульсной последовательности 3D FIESTA-C в аксиальной плоскости:

А — горизонтальный полукружный канал правой височной кости; В — горизонтальный полукружный канал левой височной кости

**Fig. 1.** Images obtained using the pulse sequence (3D FIESTA-C) in the axial plane:

A — a horizontal semicircular canal of the right temporal bone; B — a horizontal semicircular canal of the left temporal bone

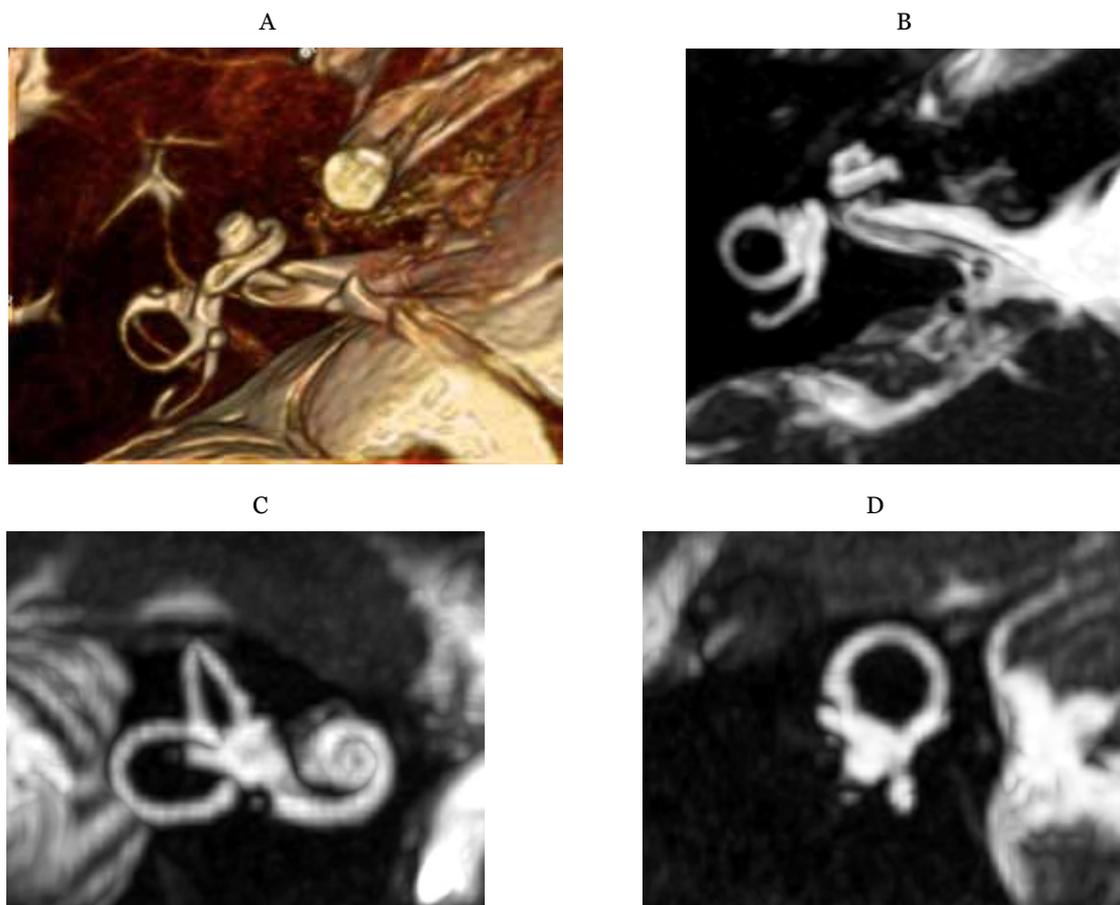
налов также переменны (от 1 до 1.8 мм). На первый взгляд каналы располагаются в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Однако верхний и горизонтальный полукружные каналы образуют между собой угол от 65 до 90°, задний и верхний каналы — от 85 до 115°, и только горизонтальный и задний каналы расположены друг к другу практически под прямым углом.

Вертикальный канал расположен почти перпендикулярно к продольной оси пирамиды височной кости и ориентирован вертикально в плоскости, составляющей с фронтальной плоскостью угол 45°, направленный вентролатерально. Горизонтальный канал своей дугой направлен к стенке барабанной полости и располагается в плоскости, составляющей с горизонталью угол 30°, открытый вперед и вверх. Плоскость, в которой ле-

FIESTA-C) with MIP- and VR-reformation in patients of the first group, as well as the agreement with the otolithic nature of BPPV allowed us to perform the second stage of the study and to visualize pathological changes in patients with a verified diagnosis made by otoneurologist.

The second group was predominantly represented by women — 93 % (mean age 31.3 ± 3.7 years), which is consistent with the findings of Russian and foreign authors on the significant influence of the gender factor on the incidence of BPPV [2, 3, 6, 7].

Otoliths as point, hypointensive, against the background of hyperintense endolymph, filling defects in the semicircular canals were visualized in 23 (79 %) patients. Among them, 15 patients (65 %) had pathological changes in the single canal, most

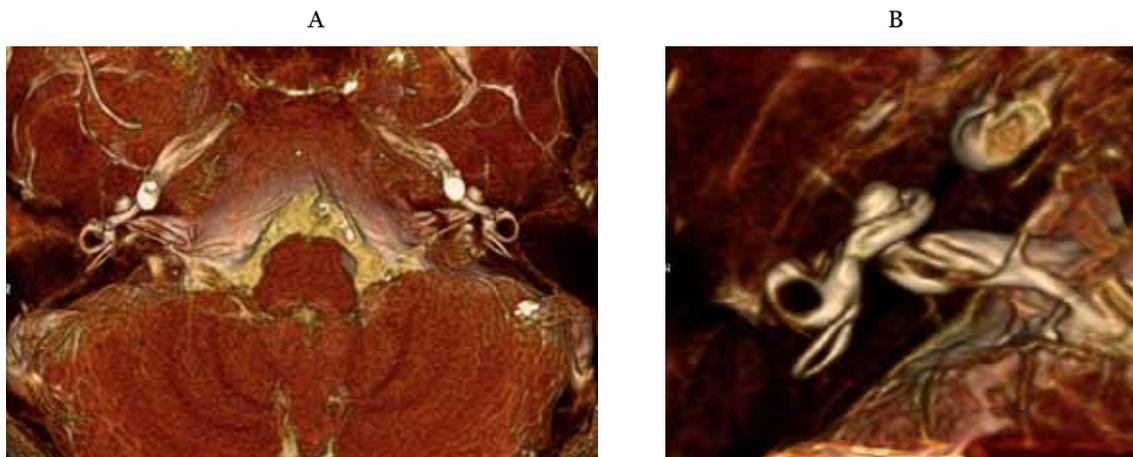


**Рис. 2.** Прицельные реконструкции правой височной кости:

A — трехмерная реконструкция (VR): улитка и полукружные каналы; B — MIP-реконструкция в аксиальной плоскости: горизонтальный полукружный канал; C — MIP-реконструкция в сагиттальной плоскости: задний полукружный канал; D — MIP-реконструкция в искривленной плоскости: вертикальный полукружный канал

**Fig. 2.** Target reconstructions of the right temporal bone:

A — three-dimensional reconstruction (VR): a cochlea and semicircular canals; B — MIP-reconstruction in the axial plane: a horizontal semicircular canal; C — MIP-reconstruction in the sagittal plane: posterior semicircular canal; D — MIP-reconstruction in a curved plane: a vertical semicircular canal



**Рис. 3.** Пациент 14 лет без вестибулярных нарушений:

А – трехмерная реконструкция (VR) структур задней черепной ямки; В – прицельная трехмерная реконструкция (VR) улитки и полукружных каналов правой височной кости

**Fig. 3.** Patient aged 14 without vestibular disorders:

A – three-dimensional reconstruction (VR) of the structures of the posterior cranial fossa; B – target three-dimensional reconstruction (VR) of the cochlea and semicircular canals of the right temporal bone

жит задний канал, параллельна задней поверхности пирамиды и также образует с коронарной плоскостью угол  $45^\circ$ , но открытый дорзолатерально. При анализе ориентации полукружных каналов с обеих сторон у каждого пациента выявляется компланарность — шесть каналов расположены таким образом, что для каждого существует противолежащий ему канал в той же плоскости в контралатеральном ухе [9].

У 14 (93 %) пациентов первой группы форма полукружных каналов идеальна — без деформа-

ции. Часто встречается в заднем канале (10 случаев), что, вероятно, связано с влиянием гравитации, из-за которой отолиты попадают в задний канал, который находится на самом низком уровне в вертикальной и горизонтальной положениях человеческого тела (рис. 4). Изменения в двух каналах были обнаружены у 8 (35 %) пациентов. Изображения показали отолиты в ипсилатеральном заднем и горизонтальном полукружных каналах (6 пациентов) в три раза чаще, чем в билаateralном [13].

Внимание было обращено на наиболее частое обнаружение отолитов на правой стороне, что составило 19



**Рис. 4.** Пациентка 27 лет, с впервые возникшим ДППГ. MIP-реконструкция в сагиттальной плоскости структур внутреннего уха правой височной кости. Дефект наполнения в заднем полукружном канале

**Fig. 4.** The patient aged 27, with the first occurrence of BPPV. MIP-reconstruction in the sagittal plane of the structures of the inner ear of the right temporal bone. Filling defect in the posterior semicircular canal

ций стенок, структура однородна — без дефектов наполнения, соотношения диаметров не нарушены, углы между дугами приближаются к 90°, симметрично расположены в пирамидах височных костей с обеих сторон (рис. 3).

Высокая информативность изображений полукружных каналов при использовании импульсной последовательности 3D FIESTA-C с MIP- и VR-реформациями у пациентов первой группы, а также согласие с отолитовой природой ДППГ позволили нам для визуализации патологических изменений у пациентов с верифицированным после осмотра отоневролога диагнозом выполнить исследования второго этапа.

Вторая группа была представлена преимущественно женщинами — 93 % (средний возраст  $31.3 \pm 3.7$  года), что согласуется с данными отечественных и зарубежных авторов о существенном влиянии гендерного фактора на частоту встречаемости ДППГ [2, 3, 6, 7].

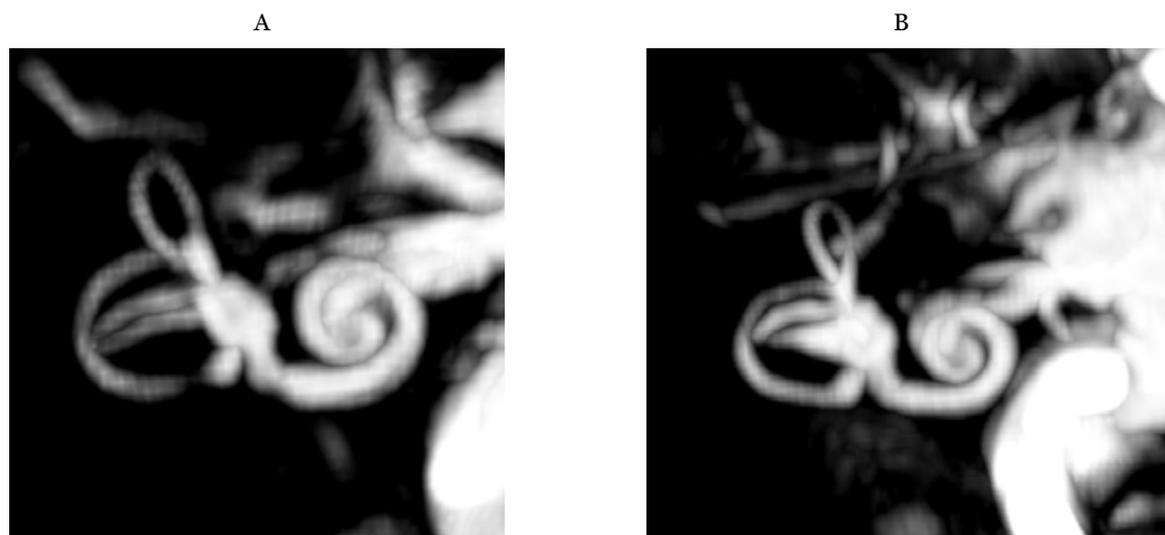
Отолиты как точечные, гипоинтенсивные на фоне гиперинтенсивной эндолимфы дефекты наполнения в полукружных каналах визуализированы у 23 (79 %) пациентов. Из них у 15 пациентов (65 %) патологические изменения были выявлены в единичном канале, наиболее часто — в заднем (10 случаев), что вероятно обусловлено влиянием гравитации, благодаря которой отолиты попадают в задний канал, наиболее низко располагающийся при вертикальном и горизонтальном положении тела человека (рис. 4).

observations of patients (82 %). Perhaps this is due to the fact that most people prefer to sleep on their right side, which contributes to the otoliths falling from the vestibule into the posterior semicircular canal and confirms the otolith theory of BPPV [8].

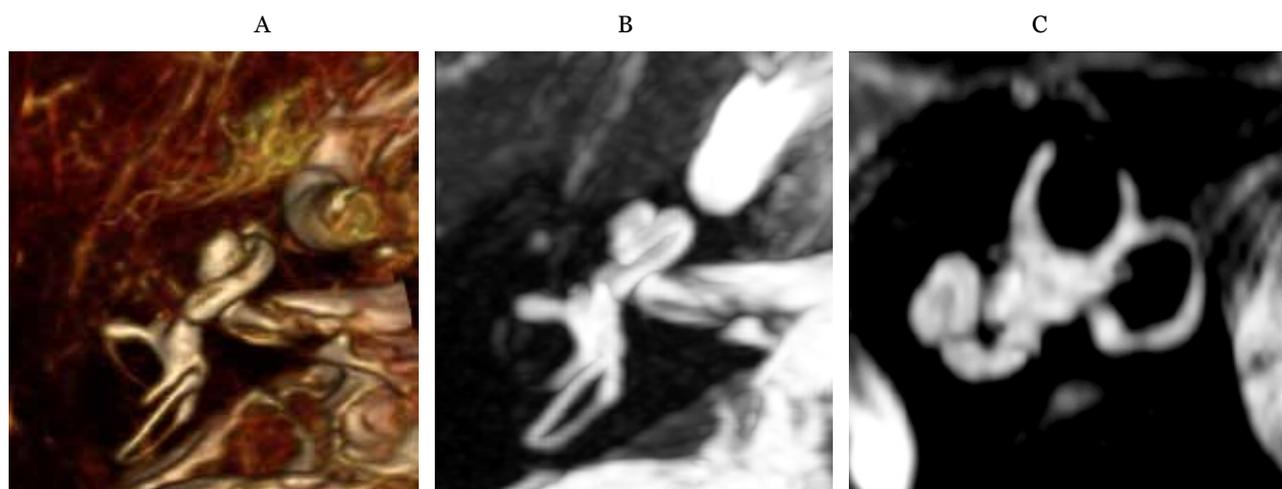
After the otoneurologic examination all patients underwent rehabilitation interventions. They were recommended to do Epley's exercises for a month in combination with vascular, metabolic and neuroprotective therapy. All these procedures led to the relief of vertigo and that of nystagmus. Three patients after elimination of vertigo underwent a control MRT, which fixed elimination of filling defects in semicircular canals (Fig. 5).

The vestibular interventions had no effect in 4 cases. Recurrence of vestibular disorders was reported in 7 patients for 1–2 months. Patients with ineffective therapy or relapsing symptoms had changes in several semicircular canals, including bilateral lesions, or additional deformation of the walls, and narrowing the lumen of other canals not associated with filling defects.

MRI of the third group of patients showed various pathological changes in the structures of the posterior cranial fossa both in isolation and in a variable combination: foci of gliosis in the white matter of the cerebellar hemispheres, posttraumatic and inflammatory changes in the air cells of temporal bones, neurinoma of the vestibulocochlear nerve, demyelinating disease, vascular abnormalities, and



**Рис. 5.** Пациентка 35 лет. MIP-реконструкция правых полукружных каналов в сагиттальной плоскости: А — исходное состояние; В — после реабилитационного маневра  
**Fig. 5.** The patient at the age of 35. MIP-reconstruction of the right semicircular canals in the sagittal plane: A — the initial state; B — after rehabilitation intervention



**Рис. 6.** Пациентка 78 лет, с длительным анамнезом головокружения:

А — МР-реконструкция в аксиальной плоскости; В — трехмерная реконструкция (VR): склероз правого горизонтального полукружного канала; С — продленный дефект наполнения в верхнем полукружном канале

**Fig. 6.** The patient at the age of 78 with a long history of vertigo:

А — MIP-reconstruction in the axial plane; В — three-dimensional reconstruction (VR): sclerosis of the right horizontal semicircular canal; С — extended filling defect in the upper semicircular canal

Изменения двух каналов отмечались у 8 (35 %) пациентов. Визуализация отолитов в ипсилатеральных задних и горизонтальных полукруглых каналах наблюдалась в три раза чаще (6 пациентов), чем двустороннее поражение [13].

Обращало на себя внимание наиболее частое выявление отолитов справа, что составило 19 наблюдений пациентов (82 %). Возможно, это объясняется тем, что большинство людей предпочитают спать на правом боку, что способствует выпадению отолитов из преддверия в задний полукружный канал и служит подтверждением отолитовой теории ДППГ [8].

Всем пациентам после обследования отоневрологом проведены успешные реабилитационные маневры и рекомендованы упражнения по методике J.M. Epley в течение месяца в сочетании с сосудистой, метаболической и нейропротективной терапией, что привело к купированию головокружения и нистагма. Трем пациентам после устранения головокружения выполнена контрольная МРТ, зафиксировавшая элиминацию дефектов наполнения в полукружных каналах (рис. 5).

В 4 наблюдениях вестибулярные маневры эффекта не имели. Рецидивирование вестибулярных расстройств отмечалось у 7 больных в течение 1–2 мес. Для пациенток с неэффективной терапией или рецидивирующей симптоматикой были характерны изменения нескольких полукружных каналов, в том числе и двустороннее поражение, или дополнительно выявлялись де-

a neurovascular contact. Polymorphic deformations of semicircular canals and filling defects were visualized in 33 (91 %) patients (Fig. 6).

In this group of patients, changes in horizontal semicircular canals predominated in the form of a lack of visualization on the reformatted images up to 3/4 of the outer circumference, which were accompanied by numerous and varied deformations of the vertical and posterior canals. It is most likely that the diversification of symptoms is caused by a number of pathological processes that have occurred during the patients' life hypothetically or directly influencing the fine structures of the vestibular analyzer (infection, trauma, vibration) and comorbid conditions (thyroid dysfunction, hypercholesterolemia, diabetes mellitus, osteoporosis) [5, 6, 14].

When assessing the vertigo patients' quality of life by Vestibular Rehabilitation Benefit Questionnaire (VRBQ), we found out a significant change in the quality of life from 55 to 72 % in combination with a pronounced emotional discomfort from 57 to 65 %.

## CONCLUSION

Examination of patients with vestibular vertigo using the pulse sequence (3D FIESTA-C) enables to diagnose more accurately this pathology compared with the standard MRI technique. Imaging of pathological changes in semicircular canals is an informative method of diagnosis and objective evaluation of the effectiveness of treatment of BPPV, which allows

формация стенок, сужение просвета других каналов, не связанных с дефектами наполнения.

В третьей группе пациентов при МРТ диагностированы разнообразные патологические изменения структур задней черепной ямки как изолированно, так и в варибельном сочетании: очаги глиоза в белом веществе полушарий мозжечка, посттравматические и воспалительные изменения воздухоносных ячеек височных костей, невринома преддверно-улиткового нерва, демиелинизирующее заболевание, сосудистые аномалии, нейроваскулярный контакт. Полиморфные деформации полукружных каналов и дефекты наполнения визуализированы у 33 (91 %) пациентов (рис. 6).

В этой группе пациентов преобладали изменения в горизонтальных полукружных каналах в виде отсутствия визуализации на реформатированных изображениях до 3/4 внешних отделов окружности, которые сопровождались многочисленными и разнообразными деформациями вертикальных и задних каналов. Наиболее вероятно, что диверсификация симптомов обусловлена как множеством патологических процессов, происходивших в течение жизни пациентов, гипотетически или непосредственно воздействовавших на тонкие структуры вестибулярного анализатора (инфекции, травмы, вибрация), так и коморбидными состояниями (нарушение функции щитовидной железы, гиперхолестеринемия, сахарный диабет, остеопороз) [5, 6, 14].

При оценке качества жизни пациентов с головокружением, проведенной с помощью вести-

булярного опросника (VRBQ), выявлено существенное изменение показателей качества жизни от 55 до 72 % в сочетании с выраженным эмоциональным дискомфортом (57–65 %).

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

булярного опросника (VRBQ), выявлено существенное изменение показателей качества жизни от 55 до 72 % в сочетании с выраженным эмоциональным дискомфортом (57–65 %).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обследование больных, имеющих вестибулярное головокружение, с применением импульсной последовательности 3D FIESTA-C позволяет более информативно осуществлять диагностику этой патологии по сравнению со стандартной методикой МРТ. Визуализация патологических изменений в полукружных каналах является информативным методом диагностики и объективной оценки эффективности лечения ДППГ, что позволяет рекомендовать включение МРТ в диагностический алгоритм пациентам с головокружением наряду с позиционными методиками и традиционными методами исследования вестибулярного анализатора.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замерград М.В., Парфенов В.А., Морозова С.В., Мельников О.А., Антоненко Л.М. Периферические вестибулярные расстройства в амбулаторной практике // Вестн. оториноларингологии. 2017. Т. 82, № 1. С. 30–33. doi:10.17116/otorino201782130-33.
2. Neuhauser H.K. The epidemiology of dizziness and vertigo // *Handb. Clin. Neurol.* 2016. Vol. 137. P. 67–82. doi:10.1016/B978-0-444-63437-5.00005-4.
3. Bhattacharyya N., Gubbels S.P., Schwartz S.R. et al. Clinical practice guideline: benign paroxysmal positional vertigo // *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2017. Vol. 156. P. 1–47. doi: 10.1177/0194599816689667.
4. Dix M.R., Hallpike C.S. The pathology, symptomatology and diagnosis of certain common disorders of the vestibular system // *Ann. Otol.* 1952. Vol. 61. P. 987–1016.
5. Corvera Behar G., García de la Cruz M.A. Surgical treatment for recurrent benign paroxysmal positional vertigo // *International Archives of Otorhinolaryngology.* 2017. Vol. 21, No. 2. P.191–194. doi:10.1055/s-0037-1599784.

## REFERENCES

1. Zamergrad M.V., Parfenov V.A., Morozova S.V., Mel'nikov O.A., Antonenko L.M. (2017). The peripheral vestibular disorders encountered in the routine out-patient practical work. *Bulletin of Otorhinolaryngology*, 82, 1, 30–33. doi:10.17116/otorino201782130-33.
2. Neuhauser H.K. (2016). The epidemiology of dizziness and vertigo. *Handb. Clin. Neurol.*, 137, 67–82. doi: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00005-4.
3. Bhattacharyya N., Gubbels S.P., Schwartz S.R. et al. (2017). Clinical practice guideline: benign paroxysmal positional vertigo. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 156, 1–47. doi: 10.1177/0194599816689667.
4. Dix M.R., Hallpike C.S. (1952). The pathology, symptomatology and diagnosis of certain common disorders of the vestibular system. *Ann. Otol.*, 61, 987–1016.
5. Corvera Behar G., García de la Cruz M.A. (2017). Surgical treatment for recurrent benign paroxysmal positional vertigo. *Int. Arch. of Otorhinolaryngol.*, 21, 2, 191–194. doi:10.1055/s-0037-1599784.

6. Ogun O.A., Janky K.L., Cohn E.S., Büki B., Lundberg Y.W. Gender-based comorbidity in benign paroxysmal positional vertigo. *PLoS One*. 2014. Vol. 9, No. 9. e105546. doi:10.1371/journal.pone.0105546.
7. Кунельская Н.Л., Мокрышева Н.Г., Гусева А.Л., Байбакова Е.В., Манаенкова Е.А. Доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение: современные представления об этиологии и патогенезе // Вестн. оториноларингологии. 2017. Т. 82, № 3. С. 75–79. doi:10.17116/otorino.201782375-79.
8. Li S., Tian L., Han Z., Wang J. Impact of postmaneuver sleep position on recurrence of benign paroxysmal positional vertigo // *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8, No. 12. e83566. doi:10.1371/journal.pone.0083566.
9. Kim D.K., Kim D.R., Jeong S.H., Kim G.J., Chang K.H., Jun B.C. Analysis of the coplanarity of functional pairs of semicircular canals using three-dimensional images reconstructed from temporal bone magnetic resonance imaging // *J. Laryngol. Otol.* 2015. Vol. 129, No. 5. P. 430–434. doi: 10.1017/S0022215115000201.
10. Parnes L.S., McClure J.A. Free-floating endolymph particles: a new operative finding during posterior semicircular canal occlusion // *Laryngoscope*. 1992. Vol. 102, No. 9. P. 988–992.
11. Esteban-Sánchez J., Rueda-Marcos A., Sanz-Fernández R., Martín-Sanz E. Inferior vertical nystagmus: is magnetic resonance imaging mandatory? // *Rev. Neurol.* 2016. Vol. 62, No. 3. P. 107–112.
12. Digge P., Solanki R.N., Shah D.C., Vishwakarma R., Kumar S. Imaging modality of choice for pre-operative cochlear imaging: HRCT vs. MRI temporal bone // *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016. Vol. 10, No. 10. P. 01–04. doi:10.7860/JCDR/2016/18033.8592.
13. Shim D.B., Song C.E., Jung E.J., Ko K.M., Park J.W., Song M.H. Benign paroxysmal positional vertigo with simultaneous involvement of multiple semicircular canals // *Korean Journal of Audiology*. 2014. Vol. 18, No. 3. P. 126–130. doi:10.7874/kja.2014.18.3.126.
14. Van Rompaey V., De Belder F., Parizel P., Van de Heyning P. Semicircular canal fibrosis as a biomarker for lateral semicircular canal function loss // *Frontiers in Neurology*. 2016. Vol. 7, No. 43. doi:10.3389/fneur.2016.00043.
6. Ogun O.A., Janky K.L., Cohn E.S., Büki B., Lundberg Y.W. (2014). Gender-based comorbidity in benign paroxysmal positional vertigo. *PLoS One*, 9, 9. e105546. doi:10.1371/journal.pone.0105546.
7. Kunel'skaya N.L., Mokrysheva N.G., Guseva A.L., Baibakova E.V., Manaenkova E.A. (2017). Benign paroxysmal positional vertigo: modern concepts of its etiology and pathogenesis. *Bulletin of Otorhinolaryngology*, 82, 3, 75–79. doi: 10.17116/otorino201782375-79.
8. Li S., Tian L., Han Z., Wang J. (2013). Impact of postmaneuver sleep position on recurrence of benign paroxysmal positional vertigo. *PLoS ONE*, 8, 12, e83566. doi:10.1371/journal.pone.0083566.
9. Kim D.K., Kim D.R., Jeong S.H., Kim G.J., Chang K.H., Jun B.C. (2015). Analysis of the coplanarity of functional pairs of semicircular canals using three-dimensional images reconstructed from temporal bone magnetic resonance imaging. *J. Laryngol. Otol.*, 129, 5, 430–434. doi: 10.1017/S0022215115000201.
10. Parnes L.S., McClure J.A. (1992). Free-floating endolymph particles: a new operative finding during posterior semicircular canal occlusion. *Laryngoscope*, 102, 9, 988–992.
11. Esteban-Sánchez J., Rueda-Marcos A., Sanz-Fernández R., Martín-Sanz E. (2016). Inferior vertical nystagmus: is magnetic resonance imaging mandatory? *Rev. Neurol.*, 62, 3, 107–112.
12. Digge P., Solanki R.N., Shah D.C., Vishwakarma R., Kumar S. (2016). Imaging modality of choice for pre-operative cochlear imaging: HRCT vs. MRI temporal bone. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10, 10, 01–04. doi:10.7860/JCDR/2016/18033.8592.
13. Shim D.B., Song C.E., Jung E.J., Ko K.M., Park J.W., Song M.H. (2014). Benign paroxysmal positional vertigo with simultaneous involvement of multiple semicircular canals. *Korean Journal of Audiology*, 18, 3, 126–130. doi:10.7874/kja.2014.18.3.126.
14. Van Rompaey V., De Belder F., Parizel P., Van de Heyning P. (2016). Semicircular canal fibrosis as a biomarker for lateral semicircular canal function loss. *Frontiers in Neurology*, 7, 43. doi:10.3389/fneur.2016.00043.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Манакова Яна Леонидовна** — канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; врач-рентгенолог ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница».

**Дергилев Александр Петрович** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

**Гаршина Евгения Владимировна** — канд. мед. наук, доцент кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный ме-

## ABOUT THE AUTORS

**Manakova Yana Leonidovna** — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Radiation Diagnostics of the Novosibirsk State Medical University; Roentgenologist at the Novosibirsk State Regional Clinical Hospital.

**Dergilev Aleksander Petrovich** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiation Diagnostics of the Novosibirsk State Medical University.

**Garshina Evgeniya Vladimirovna** — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology of the Novosibirsk State Medical University; Head of the Otorhinolaryngological Department of the Novosibirsk State Regional Clinical Hospital.

дицинский университет» Минздрава России; ведущий оториноларингологическим отделением ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница».

**Водолазская Юлия Валерьевна** — врач-оториноларинголог ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница».

**Задильская Ксения Юрьевна** — аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

**Образец цитирования:** Манакова Я.Л., Дергилев А.П., Гаршина Е.В., Водолазская Ю.В., Задильская К.Ю. Магнитно-резонансная томография в диагностике доброкачественного пароксизмального позиционного головокружения // *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2018. № 3. С. 40–52.

**Vodolazskaya Yulia Valerievna** — Otorhinolaryngologist of the Department of Otorhinolaryngology of the Novosibirsk State Regional Clinical Hospital.

**Zadilskaya Kseniya Yurevna** — Post-graduate Student of the Department of Radiation Diagnostics of the Novosibirsk State Medical University.

**Citation example:** Manakova Ya.L., Dergilev A.P., Garshina E.V., Vodolazskaya Yu.V., Zadilskaya K.Yu. (2018). Magnetic resonance tomography in the diagnosis of benign paroxysmal positional vertigo. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 3, 40–52.

