УДК 612.886:001.8 DOI: 10.18692/1810-4800-2019-1-58-63

Состояние системы равновесия у лиц с различной функцией слуха

Е. Н. Кравцова[1], А. Ю. Мейгал[1]

[1] Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, 185910, Россия (Ректор – проф. А. В. Воронин)

The state of the balance system in individuals with different hearing function

E. N. Kravtsova[1], A. Yu. Meigal[1]

[1] Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, 185910, Russia

Целью исследования была оценка функции равновесия у лиц с различным состоянием функции слуха. Обследовано 76 неврологически, ортопедически и соматически здоровых лиц, которые составили 4 группы, различающиеся по состоянию функции слуха и возрасту. Три группы составили испытуемые молодого возраста: 1) лица с очень хорошим музыкальным слухом; 2) испытуемые с нормальной функцией слуха; 3) лица с двусторонней глухотой. Четвертую группу составили пациенты старшего возраста с нормальной функцией слуха. Все испытуемые прошли стандартное отоневрологическое исследование с использованием видеонистагмографии. Для оценки функционального состояния ампулярного аппарата внутреннего уха применялись битермальные калорические пробы. Для оценки системы равновесия применялась методика компьютерной стабилографии. В результате исследования было выявлено, что фактор возраста является более значимым для поддержания равновесия, чем фактор слуха. В частности, полная депривация слуховой и вестибулярной функций не приводила к нарушению в системе равновесия у испытуемых молодого возраста. Также основные стабилометрические параметры были лучше, хотя и статистически незначимо, у лиц с очень хорошим (музыкальным) слухом.
Ключевые слова: равновесие, стабилометрия, глухота, вестибулярная функция, видеонистагмография.

Для цитирования: Кравцова Е. Н., Мейгал А. Ю. Состояние системы равновесия у лиц с различной функцией слуха. *Российская оториноларингология.* 2019;18(1):58–63. https://doi.org/ 10.18692/1810-4800-2019-1-58-63

The aim of the study was to evaluate the balance function of individuals with different state of the hearing function. Seventy six neurologically, orthopedically and somatically healthy individuals were examined, who constituted 4 groups, different by thr state of hearing function and age. Three groups consisted of young subjects: 1) persons with a very good ear for music, 2) the subjects with normal hearing function; 3) persons with bilateral deafness. The fourth group consisted of older patients with normal hearing function. All subjects went through a standard otoneurologic examination. To assess the functional state of the ampullary apparatus of the inner ear, bithermal caloric tests were applied. The method of computer-based stabilography was used to assess the balance system. It has been found that the age factor was more influential for balance than the hearing one. Complete deprivation of the hearing and vestibular function did not lead to a disturbance in the system of balance of the young age subjects. Additionally, the parameters of stabilometry were the best, though non-significantly, in the group with very good (musical) hearing.
Keywords: balance, stabilometry, deafness, vestibular function, nistagmography.

For citation: Kravtsova E. N., Meigal A. Yu. The state of the balance system in individuals with different hearing function. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2019;18(1):58–63. https://doi.org/ 10.18692/1810-4800-2019-1-58-63

Введение

Поддержание равновесия в статических и, особенно, динамических условиях – сложная двигательная задача, реализация которой происходит за счет взаимосвязанной работы нескольких сенсорных систем – зрительной, проприоцептивной и вестибулярной. Интегрирующая роль отводится мозжечку и в какой-то степени коре головного мозга [1–4]. Здоровый человек обладает способностью поддерживать равновесие в стандартных ситуациях [5–7], тогда как спортсмены и артисты цирка, тренирующие функцию равновесия, обладают большей устойчивостью в условиях, когда равновесие нарушается [6–8]. Считается, что лица с депривацией функции слуха менее устойчивы [9]. Это объясняется тем, что периферический отдел вестибулярного и слухового анализатора тесно связаны между собой ана-

© Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, 2019

томически и гистологически, имеют общее кровоснабжение и эндолимфатическое пространство [1–4]. Патологические процессы, приводящие к угнетению слуховой функции, обычно приводят к развитию вестибулярной дисфункции/гипофункции и, как следствие, к нарушениям в системе равновесия [10]. Вместе с тем отдельные авторы считают, что лица с двусторонней глухотой поддерживают постуральный баланс в целом не хуже, чем их нормально слышащие сверстники [11]. С учетом этих фактов мы выдвинули рабочую гипотезу, согласно которой должна прослеживаться зависимость способности поддерживать равновесие в стандартных условиях от состояния функции слуха у групп лиц, не отличающихся по другим параметрам. Согласно этой гипотезе лица с очень хорошим природным слухом должны поддерживать равновесие несколько лучше, чем их сверстники, в силу анатомо-физиологической общности слухового и вестибулярного аппаратов. Для проверки данной гипотезы проведено исследование функциональности функции равновесия у лиц с различной степенью поражения и тренированности слухового аппарата.

Пациенты и методы исследования

Обследовано 76 неврологически, ортопедически и соматически здоровых лиц, которые составили 4 группы, различающиеся по состоянию функции слуха и возрасту. Группу I (лиц с априорно хорошим музыкальным слухом) составили 19 студентов вокального отделения Петрозаводской государственной консерватории. Возраст испытуемых первой группы от 18 до 35 лет. Эта группа условно обозначена (Вок) – вокалисты. Вторая группа условно обозначена как молодые нормально слышащие (Мнс) – студенты медицинского института Петрозаводского государственного университета в количестве 18 человек. Возраст этой группы лиц составил от 17 до 34 лет. Третья группа – лица с врожденной или приобретенной глухотой в возрасте от 15 до 27 лет в количестве 28 человек – условно обозначена как молодые глухие испытуемые (Мгл). Таким образом, испытуемые первой, второй и третьей групп не различались по критерию возраста. Средний возраст испытуемых четвертой группы составил 47 лет. Группа обозначена как возрастные лица нормально слышащие (Внс). Количество обследованных в этой группе составило 13 человек.

Все испытуемые прошли стандартное отоневрологическое исследование. Для оценки функционального состояния ампулярного аппарата внутреннего уха применялись битермальные калорические пробы. Исследование осуществлялось с помощью метода видеонистагмографии на аппарате VNG (Interacoustics A/S, Assens, Дания). Калоризация лабиринтов выполнялась с помощью воздушного калориметра температурой 30 и 44 °С, продолжительностью 100 секунд. Непременными условиями для включения в исследование испытуемых групп Вок, Мнс, Внс являлись нормальная функция слуха и симметричная вестибулярная активность лабиринтов. У испытуемых всех трех групп не выявлено асимметрии по направлению и лабиринту при проведении битермального калорического теста.

Среди лиц группы Мгл (n = 28) двусторонняя арефлексия лабиринтов, подтвержденная калорической (ледяной) пробой реактивности лабиринтов, выявлена у 4 человек (14%), норморефлексия – у 2 (7%), у остальных 22 испытуемых отмечена гипорефлексия лабиринта в той или иной степени выраженности (79%). Таким образом, выявлено, что у большинства испытуемых из группы Мгл депривация функции слуха не приводила к ожидаемой депривации вестибулярной функции.

Для оценки системы равновесия применялась методика компьютерной стабилографии (ST-150, Мера, Москва, Россия). Выполнен анализ стандартных проб стабилометрического исследования «Тест Ромберга» в европейской стойке. При проведении стабилометрии применяют следующие показатели: X, Y (мм) – абсолютное положение центра давления (ЦД) относительно фронтальной (X) и сагиттальной (Y) плоскостей (центром давления принято называть проекцию центра тяжести тела на плоскость опоры); x, y (мм) – девиации ЦД относительно среднего положения: (x) – во фронтальной плоскости (вправо-влево), (y) – в сагиттальной плоскости (вперед-назад); L (мм) – длина статокинезиограммы (длина пути, пройденного ЦД за время исследования); S (кв. мм) – площадь статокинезиограммы; v (мм/с) – средняя скорость перемещения ЦД; угол (град.) – угол направления плоскости колебания ЦД; КР (%) – коэффициент Ромберга (соотношение между значениями площади статокинезиограммы в пробах с закрытыми и открытыми глазами) [8]. Анализ проводился по следующим критериям: $S_о$, $S_з$ (площадь статокинезиограммы с открытыми и закрытыми глазами), $L_о$, $L_з$ – длина статокинезмограммы с открытыми и закрытыми глазами, $v_о$, $v_з$ – скорость перемещения центра давления с открытыми и закрытыми глазами.

Для статистического анализа данных использовано ПО SPSS 21.0 (IBM, США). Различие исследованных параметров между группами проведено при помощи непараметрического Н-теста (критерия Краскелла–Уоллеса) для множественных сравнений между исследованными группами, так как распределение значений параметров не было нормальным. Внутри группы Мгл было проведено дополнительное исследование двух подгрупп (с арефлексией лабиринтов АР, гипо-

рефлексией и норморефлексией НР) при помощи критерия Манна–Уитни для парных сравнений.

Результаты исследования

Результаты представлены в табл. 1. Установлено, что стабилометрические параметры испытуемых группы Внс статистически значимо отличались от остальных трех групп. В то же время эти три группы практически не различались между собой ни по одному из стабилометрических параметров. Следует отметить, что эти параметры в группе вокалистов все же несколько (примерно в 1,5 раза) различались от параметров групп Мгл и Мнс, хотя это отличие и не достигало статистической значимости ($p = 0,2$). Проба с закрытием глаз не повлияла на различие параметров между группами, так как все стабилометрические параметры при закрывании глаз равномерно и систематически увеличились по сравнению с состоянием открытых глаз.

Статистически значимых различий по параметрам стабилометрии между подгруппами с калорической гипорефлексией (КГ), норморефлексией (КН) и арефлексией (КА) лабиринтов внутри группы молодых глухих испытуемых также не обнаружено (табл. 2).

Обсуждение

Таким образом, основным результатом можно считать то, что ведущим фактором, который влиял на стабилометрические параметры, то есть на функцию равновесия, является пожилой возраст, тогда как потеря слуха практически не повлияла на эту функцию. Это находится в противоречии с исходной гипотезой о влиянии потери слуха на функцию равновесия. С другой стороны, лица

Таблица 1

Анализ основных параметров стабилограммы испытуемых трех групп

Table 1

The analysis of the main stabilometric parameters of the subjects of three groups

Параметр	Группа	Глаза открыты	Глаза закрыты
Площадь ОЦД, мм^2	Вок	64,8±19,2 ***	99,6±21,4 ***
	Мнс	117,7±30,1 ($p = 0,26$ к Вок)	191,0±57,6 *($p = 0,071$ к Вок)
	Мгл	79,3±13,5 **	141,3±21,2 *
	Внс	208,7±30,9	349,0±59,6
Скорость перемещения ОЦД, мм/с	Вок	5,3±0,4 ***	9,2±1,6 **
	Мнс	6,8±0,8	10,1±1,0
	Мгл	6,3±0,6 *	10,6±0,9 *
	Внс	14,1±3,6	21,7±3,9
Длина пути ОЦД, мм	Вок	158,9±12,5 **	277,5±34,9 **
	Мнс	203,3±23,6	302,3±31,4
	Мгл	189,1±19,3 *	319,2±26,1 *
	Внс	424,3±110,2	625,2±115,8
* $p < 0,05$ по отношению к группе Внс; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.			

Таблица 2

Анализ основных параметров стабилограммы испытуемых группы Мгл

Table 2

The analysis of the main stabilometric parameters of the subjects of Mgl group

Параметр	Группа	Глаза открыты	Глаза закрыты
Площадь ОЦД, мм^2	КА	64,8±19,2	99,6±21,4
	КН+КГ	121,3±34,7	192,4±59,2
Скорость перемещения ОЦД, мм/с	КА	7,13±1,2	10,2±2,3
	КН+КГ	5,71±2,1	8,4±3,8
Длина пути ОЦД, мм	КА	189,1±93,3	219,2±34,1
	КН+КГ	179,5±89,4	239,2±104,5
Примечание: статистически значимых различий между группами нет. КА – группа с калорической арефлексией лабиринтов, КН – с калорической норморефлексией, КГ – с калорической гипорефлексей.			

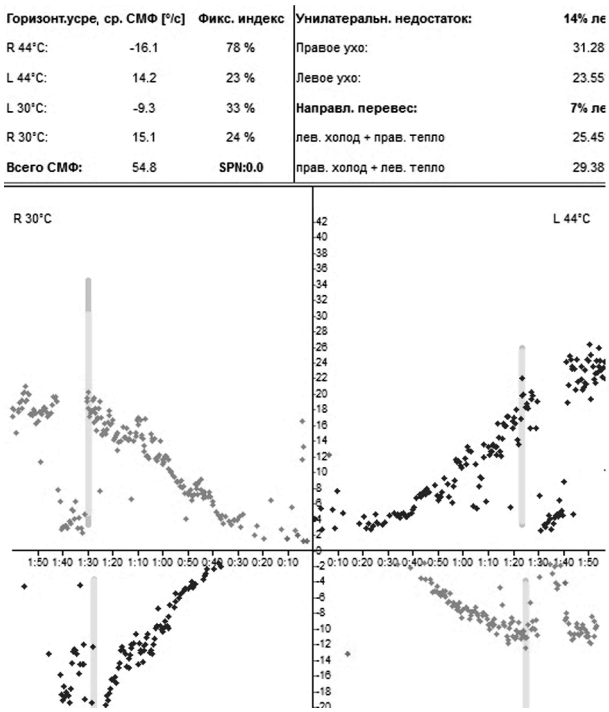

Рис. 1. Данные битермального калорического теста пациента И. с калорической норморефлексией лабиринтов.
Fig. 1. Bithermal caloric test results of the patient I. with caloric labyrinthine normoreflection.

с заведомо хорошим слухом (группа вокалистов) все же оказались хотя и незначимо, но лучше по стабилометрическим параметрам. Также внутри группы молодых глухих испытуемых у лиц с разной степенью угнетения вестибулярного лабиринта, по данным калорических проб, не было найдено различий по данным стабилометрии. Также полное выключение вестибулярной и слуховой функций, согласно результатам нашего исследования, не оказывает влияния на функцию поддержания статического равновесия в вертикальной стойке в стандартных условиях. Это свидетельствует об отсутствии значимого влияния активности вестибулярных лабиринтов на функцию поддержания равновесия при условии ее симметричности. В целом это позволяет постулировать то, что две функции – вестибулярная и слуховая – могут повреждаться изолированно, хотя анатомически и гистологически тесно связаны. Это поднимает вопрос о нейрофизиологических механизмах компенсации функции равновесия при глухоте.

Клинический пример. Пациентка Е, 19 лет. В возрасте 1 года перенесла менингококковую инфекцию, после чего развилась двусторонняя глухота. Соматически здорова. При отоскопии –

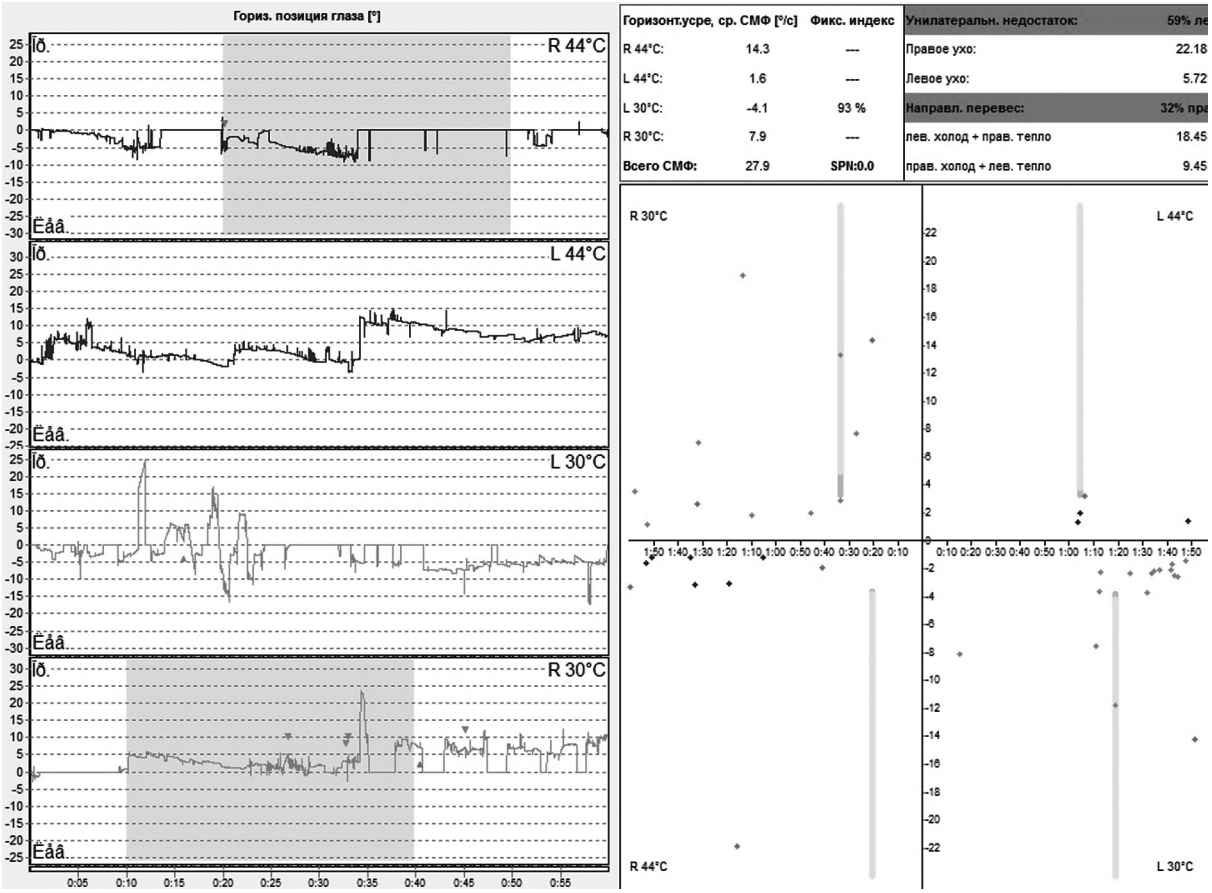

Рис. 2. Данные битермального калорического теста пациентка Е.
Fig. 2. Bithermal caloric test results of the female patient E.

Таблица 3

Анализ основных параметров стабилограммы испытуемой Е, 19 лет

Table 3

The analysis of the main stabilometric parameters of the female subject E., 19 years old

Параметр	Глаза открыты	Глаза закрыты
Площадь ОЦД, мм^2	19,5	47,7
Скорость перемещения ОЦД, мм/с	4,2	5,6
Длина пути ОЦД, мм	126,9	167

барабанные перепонки серые, контуры четкие. Слух АД/АС РР 0/0.

На видеонистагмографической диаграмме-бабочке (рис. 1) показаны значения скорости в медленной фазе нистагмических ударов в динамике времени у пациента с калорической норморефлексией лабиринтов. Диаграмма разделена на четыре квадранта, каждый из которых содержит данные, зарегистрированные во время одного калорического орошения. Два верхних квадранта содержат данные орошений, провоцирующих левосторонние нистагмические удары (холодное орошение правого и теплое орошение левого). Два нижних квадранта содержат данные орошений, провоцирующих правосторонние нистагмические удары (теплое орошение правого уха и холодное орошение левого уха). Два квадранта с левой стороны содержат данные орошений правого уха. Два квадранта с правой стороны содержат данные орошений левого уха. Вертикальные линии желтого цвета в квадранте орошения указывают на нистагмический удар с наибольшей скоростью в медленной фазе.

На рис. 2 представлены данные битермального калорического теста испытуемой Е. Видно, что у пациентки регистрируется отсутствие реакции лабиринтов на калорическую стимуляцию, что свидетельствует о двусторонней калорической арефлексии вестибулярных лабиринтов.

Вместе с тем основные стабилометрические параметры у данной испытуемой не отличаются от таковых у лиц молодого возраста с нормальным состоянием слуховой функции. Согласно данным исследования (табл. 3) у пациентки Е. не отмечено нарушений в системе поддержания статического равновесия в вертикальной стойке.

Клинический случай демонстрирует, что пациентка с двусторонней глухотой и калорической арефлексией лабиринтов использует визуальную информацию для поддержания статического равновесия не в большей степени, чем ее сверстники. Анализ данных стабилометрии не выявил у испытуемой нарушений в системе поддержания равновесия в вертикальной стойке.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Данное исследование выполнено при поддержке гранта 17.7302.2017/6.7 Министерства высшего образования и науки РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Покровский В. М., Коротько Г. Ф. Физиология человека: в 2 т. Под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М.: Медицина, 2003. 656 с.
2. Бабияк В. И., Гофман В. Р., Накатис Я. А. Нейрооториноларингология: руководство для врачей. СПб.: Гиппократ, 2002. 728 с.
3. Благовещенская Н. С. Отоневрологические симптомы и синдромы. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Медицина, 1990. 432 с.
4. Янов Ю. К., Герасимов К. В. Вестибулярная функция и физиологические механизмы вестибулярных реакций. СПб., 1997. 104 с.
5. Norre ME, Forrez G. Vestibulospinal function in otoneurology // ORL J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec. 1986. 48:37–44. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3951839.
6. Кубряк О. В., Гроховский С. С. Практическая стабилометрия. Статические двигательно-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. М.: Маска, 2012. 88 с.
7. Скворцов Д. В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилометрия. М.: НМФ «МБН», 2007. 640 с.
8. Brooks V. The Neural Basis of Motor Controll. Oxford: Oxford Univ. press, 1986. 330 p. https://ci.nii.ac.jp/naid/10007753887/
9. Lin B. Y., Young Y. H. Assesing residual function in adults congenital hearing loss. Eur. Arch Otorhinolaryngol. 2016;273;12:4209–4214. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27295174
10. Zagólski O. Vestibular system with hereditary nonsyndromic deafness. Otol Neurotol. 2007;28;8:1053–1055. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17898670

11. Nakajima Y., Kaga K., Takekoshi H. et al. Evaluation of Vestibular and Dynamic Acuity in Adults with congenital deafness. Percept Mot Skills. 2012;115;2:501–503. https://journals.sagepub.com/doi/metrics/10.2466/15.06.25.PMS.115.5.503-511

REFERENCES

1. Pokrovskii V. M., Korot'ko G. F. *Fiziologiya cheloveka*: *v 2 tomakh. Pod redaktsiei VM Pokrovskogo, GF Korot'ko.* M.: Meditsina, 2003 (In Russ.).
2. Babiyak V. I., Gofman V. R., Nakatis Ya. A. *Neirootorinolaringologiya: Rukovodstvo dlya vrachei.* SPb: Gippokrat, 2002 (In Russ.).
3. Blagoveshchenskaya N. S. *Otonevrologicheskie simptomy i sindromy. 2-e izd., dop. i pererab.* M.: Meditsina, 1990 (In Russ.).
4. Yanov Yu. K, Gerasimov K. V. *Vestibulyarnaya funktsiya i fiziologicheskie mekhanizmy vestibulyarnykh reaktsii.* SPb., 1997 (In Russ.).
5. Norre M. E., Forrez G. Vestibulospinal function in otoneurology. *ORL J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec.* 1986;48:37–44. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3951839.
6. Kubryak O. V., Grokhovskii S. S. *Prakticheskaya stabilometriya. Staticheskie dvigatel'no-kognitivnye testy s biologicheskoi obratnoi svyaz'yu po opornoi reaktsii.* M.: Maska, 2012 (In Russ.).
7. Skvortsov D. V. *Diagnostika dvigatel'noi patologii instrumental'nymi metodami: analiz pokhodki, stabilometriya.* M.: NMF «MBN», 2007 (In Russ.).
8. Brooks V. *The Neural Basis of Motor Controll*. Oxford: Oxford Univ. press, 1986 https://ci.nii.ac.jp/naid/10007753887/.
9. Lin B. Y, Young Y. H. Assesing residual function in adults congenital hearing loss. *Eur. Arch Otorhinolaryngol*. 2016;273; 12:4209–4214. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27295174.
10. Zagólski O. Vestibular system with hereditary nonsyndromic deafness. *Otol Neurotol*. 2007;28;8:1053–1055. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17898670.
11. Nakajima Y., Kaga K., Takekoshi H. et al. Evaluation of Vestibular and Dynamic Acuity in Adults with congenital deafness. *Percept Mot Skills*. 2012;115;2:501–503. https://journals.sagepub.com/doi/metrics/10.2466/15.06.25.PMS.115.5.503-511.

Информация об авторах

✉ **Кравцова Елена Николаевна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии, ЛОР-болезней, офтальмологии, урологии, онкологии, стоматологии медицинского института. Петрозаводский государственный университет (185910, Россия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33); тел. +7 (921) 227-82-24, e-mail: e.kravtsova@bk.ru

Мейгал Александр Юрьевич – профессор, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой человека и животных, патофизиологии, гистологии, заведующий лабораторией новых методов физиологических исследований Института высоких биомедицинских технологий. Петрозаводский государственный университет (185910, Россия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33); тел.+7 (911) 402-99-08; e-mail: meigal@petrsu.ru

Information about the authors

✉ **Elena N. Kravtsova** – MD Candidate, Associate Professor of the Chair of Hospital Surgery, ENT-Diseases, Ophthalmology, Urology, Oncology, Dentistry of Medical Institute. Petrozavodsk State University (33, Lenina ave., Petrozavodsk, Russia, 185910); tel. +7-921-227-82-24, e-mail: e.kravtsova@bk.ru

Aleksandr Yu. Meigal – MD, Professor, Head of the Chair of Human and Animals, Pathophysiology, Histology, Head of the Laboratory of New Methods of Physiological Studies of the Institute of High Biomedical Technologies. Petrozavodsk State University (33, Lenina ave., Petrozavodsk, Russia, 185910); tel. +7-911-402-99-08; e-mail: meigal@petrsu.ru