

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-765>
УДК 616.28-008.5-092.6

Особенности билатеральных отолитовых реакций у пациентов с нарушением равновесия вестибулярного генеза

О.В. Гребенюк^{1, 2}, М.В. Светлик¹, В.М. Алифирова²,
В.П. Демкин¹, М.Д. Акинина¹, С.В. Мельничук¹,
Т.В. Руденко^{1, 2}, Л.В. Смаглий^{1, 2, 3}, О.В. Демкин¹,
Я.Б. Вишневская⁴, А.Е. Труханов⁴

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, (НИ ТГУ),
634050, Российская Федерация, Томск, пр. Ленина, 36

²Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации (СибГМУ Минздрава России),
634050, Российская Федерация, Томск, Московский тракт, 2

³Северский биофизический научный центр Федерального медико-биологического агентства (ФГБУН СБН Центр ФМБА России),
636013, Российская Федерация, Северск, пер. Чекист, 7, корп. 2

⁴Медико-санитарная часть № 2 (ОГБУЗ "МСЧ № 2"),
634040, Российская Федерация, Томск, ул. Бела Куна, 3

Аннотация

Билатеральная асимметрия функции полукружных каналов лежит в основе головокружения и нарушения равновесия (НР) вестибулярного генеза. Согласно традиционному представлению, дисфункция отолитов не оказывает существенного влияния на клиническую картину у лиц с периферическими вестибулярными расстройствами. В последние годы возрос интерес к изучению вклада вестибулярной функции в контроль позы и движений, однако исследований, посвященных изучению реактивности отолитовых органов при НР вестибулярного генеза, в доступной литературе не найдено.

Цель исследования: изучение билатеральных отолитовых реакций у пациентов с НР вестибулярного генеза методом цервикальных вестибулярных вызванных миогенных потенциалов (цВВМП).

Материал и методы. Клиническое обследование проведено у 63 пациентов с жалобами на головокружение и НР, госпитализированных в экстренном и плановом порядке в неврологические отделения клиник ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России и Медико-санитарной части № 2 г. Томска. Из общей группы для оценки вестибулярной функции были отобраны 28 пациентов (8 мужчин и 20 женщин в возрасте от 22 до 84 лет) с хронической и эпизодической вестибулярной дисфункцией вне связи с острым или прогрессирующим неврологическим заболеванием и воспалительной патологией внутреннего уха. Средний возраст составил $63,87 \pm 11,52$ и $57,2 \pm 18,5$ года для мужчин и женщин соответственно.

Результаты. Жалобы на головокружение предъявляли 27 пациентов (96,4%). Системное головокружение, характеризующееся ощущением вращения предметов вокруг обследуемого, было выявлено у 29,63%, несистемное головокружение, включая чувство «проваливания» – у 81,48% пациентов. Оба типа жалоб проявились у 10,71% обследованных, что позволило выявить 2 группы пациентов: А – с хроническими вестибулярными нарушениями (7 пациентов), Б – с эпизодическими вестибулярными нарушениями (21 пациент). В ходе исследования групп пациентов были обнаружены различия в амплитудах цВВМП латентности Р13 и коэффициенте вестибулярной асимметрии между группами А и Б, а также отсутствие разницы амплитуд в группе А и наличие разницы в группе Б справа.

Заключение. Несмотря на то, что пациенты обращались с преимущественно одной жалобой на головокружение, клинический и инструментальный тесты вестибулярной дисфункции показали наличие повреждений как полукружных каналов, так и отолитовых органов; асимметрию вестибулярных рефлексов и / или двухстороннее поражение вестибулярных органов. Результаты исследования позволяют рассматривать метод цВВМП как один из методов объективной оценки состояния отолитового аппарата у пациентов с нарушением вестибулярной функции. В связи с этим рекомендуется применение данного метода в обычной неврологической практике.

Светлик Михаил Васильевич, e-mail: mihavsv@rambler.ru.

Ключевые слова:	билатеральная асимметрия; вестибулярный орган; отолитовые органы; полукружные каналы; вестибулярные вызванные миогенные потенциалы; электромиография; вестибулярные нарушения.
Финансирование:	исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-25-00259; https://rscf.ru/project/23-25-00259/ .
Для цитирования:	Гребенюк О.В., Светлик М.В., Алифирова В.М., Демкин В.П., Акинина М.Д., Мельничук С.В., Руденко Т.В., Смаглий Л.В., Демкин О.В., Вишневская Я.Б., Труханов А.Е. Особенности билатеральных отолитовых реакций у пациентов с нарушением равновесия вестибулярного генеза. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2024;39(4):134–141. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-765 .

Specific features of bilateral otolith manifestations in patients with vestibular balance disorder

Oleg V. Grebenuk^{1, 2}, Mikhail V. Svetlik¹, Valentina M. Alifirova², Vladimir P. Demkin¹, Maria D. Akinina¹, Sergey V. Melnichuk¹, Tatiana V. Rudenko^{1, 2}, Lyudmila V. Smaglii^{1, 2, 3}, Oleg V. Demkin¹, Yana B. Vishnevskaya⁴, Anton E. Trukhanov⁴

¹ National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation

² Siberian State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (SSMU), 2, Moskovsky trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation

³ Seversk Biophysical Research Center, Bldg. 2, 7 Chekist Lane, Seversk, 636013, Russian Federation

⁴ Medical and Sanitary Unit No. 2, 3 str. Bela Kuna, Tomsk, 634040, Russian Federation

Abstract

Bilateral asymmetry in the function of the semicircular canals underlies dizziness and vestibular balance disorders. According to the traditional view, otolith dysfunction does not have a significant effect on the clinical picture in individuals with peripheral vestibular disorders. In recent years, interest in studying the contribution of vestibular function to the control of posture and movements has increased. However, we have not identified any studies addressing the reactivity of otolith organs in vestibular balance disorders in the available literature.

Aim: To study bilateral otolith reactions in patients with vestibular balance disorders using the method of cervical vestibular evoked myogenic potentials (cVEMP) in patients with episodic and chronic vestibular disorders.

Material and Methods. A clinical examination was carried out in 63 patients complaining of dizziness and balance problems. They were hospitalized on an emergency and planned basis in the neurological departments of the clinics of the Siberian State Medical University and the Medical and Sanitary Unit No 2 in Tomsk. From the total group, 28 patients (8 men and 20 women aged from 22 to 84 years) were selected for assessment of vestibular function; the average age was 63.87 ± 11.52 years and 57.2 ± 18.5 years for men and women respectively. They had chronic and episodic vestibular dysfunction unrelated to acute or progressive neurological disease and inflammatory pathology of the inner ear.

Results. 27 patients (96.4%) complained of dizziness. Systemic dizziness, characterized by a feeling of objects rotating around the subject, was detected in 29.63% of patients; non-systemic dizziness, including a feeling of “failing” – in 81.48%. Both types of complaints appeared in 10.71% of those examined, which made it possible to identify 2 groups of patients: Group A – with chronic vestibular disorders (7 patients) and Group B – with episodic vestibular disorders (21 patients). During the study of the groups of patients, differences were found in the amplitudes of cVEMP latency P13 and the coefficient of vestibular asymmetry between Groups A and B, as well as the absence of a difference in amplitudes in Group A and the presence of a difference in Group B on the right.

Conclusion. Despite the fact that patients presented with predominantly one complaint of dizziness, clinical and instrumental tests of vestibular dysfunction showed the presence of damage to both the semicircular canals and otolithic organs; asymmetry of vestibular reflexes and/or bilateral damage to the vestibular organs. The results of the study allow us to consider the cVEMP method as one of the methods for objectively assessing the condition of the otolithic apparatus in patients with impaired vestibular function. In this regard, it is recommended to use this method in routine neurological practice.

Keywords:	bilateral asymmetry; vestibular organ; otolith organs; semicircular canals; vestibular evoked myogenic potentials; electromyography; vestibular disorders.
Funding:	the study was supported by Russian Science Foundation grant No. 23-25-00259 (https://rscf.ru/project/23-25-00259/).
For citation:	Grebenuk O.V., Svetlik M.V., Alifirova V.M., Demkin V.P., Akinina M.D., Melnichuk S.V., Rudenko T.V., Smagilii L.V., Demkin O.V., Vishnevskaya Ya.B., Trukhanov A.E. Specific features of bilateral otolith manifestations in patients with vestibular balance disorder. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2024;39(4):134–141. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-765 .

Введение

Билатеральная асимметрия функции полукружных каналов лежит в основе головокружения и нарушения равновесия (НР) вестибулярного генеза [1]. Согласно традиционному представлению [2], дисфункция отолитов не оказывает существенного влияния на клиническую картину у лиц с периферическими вестибулярными расстройствами. Однако разработка новых диагностических тестов показала, что у некоторых пациентов с НР могут наблюдаться изолированные нарушения функции отолитовых органов [3]. В последнее время в клинической практике получила распространение методика вестибулярных вызванных миогенных потенциалов (ВВМП), построенная на раздельной аудиальной стимуляции отолитов [4]. Снижение реактивности или увеличение коэффициента билатеральной асимметрии органов преддверия было выявлено у пациентов с вестибулярной потерей и синдромом укачивания при движении [5, 6].

НР, возникающие при остром вестибулярном синдроме центрального и периферического происхождения, к настоящему времени хорошо изучены [7]. По мнению [8], залогом своевременной дифференциальной диагностики представляется овладение врачами неврологических отделений рутинными навыками отоневрологического обследования. Напротив, НР при хроническом и эпизодическом вестибулярном синдроме [9] являются предметом научного поиска и активных дискуссий. Известно, что около 30% лиц старше 60 лет предъявляют жалобы на неустойчивость при ходьбе и падения [10]. В клинической картине доминируют нечеткость зрения (осциллопия), вызванная движением, неустойчивость при ходьбе, особенно на неровной поверхности или в темноте при меньшей выраженности головокружения, преимущественно несистемного характера, предположительно обусловленные билатеральным снижением или рассогласованием функции отолитов [12].

В последние годы возрос интерес к изучению вклада вестибулярной функции в контроль позы и движений [13, 14]. Однако исследований, посвященных изучению реактивности отолитовых органов при НР вестибулярного генеза, в доступной литературе не найдено.

Цель настоящего исследования: изучение билатеральных отолитовых реакций у пациентов с НР вестибулярного генеза методом цервикальных ВВМП (цВВМП).

Материал и методы

Клиническое обследование проведено у 63 пациентов с жалобами на головокружение и НР, госпитализированных в экстренном и плановом порядке в неврологические отделения клиник ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России и Медико-санитарной части № 2 г. Томска. Из общей группы для оценки вестибулярной функции были ото-

браны 28 пациентов (8 мужчин и 20 женщин в возрасте от 22 до 84 лет) с хронической и эпизодической вестибулярной дисфункцией вне связи с острым или прогрессирующим неврологическим заболеванием и воспалительной патологией внутреннего уха. Средний возраст составил $63,87 \pm 11,52$ и $57,2 \pm 18,5$ года для мужчин и женщин соответственно.

Клиническая оценка функции полукружных каналов в отобранной группе пациентов осуществлялась с помощью стандартных методов исследования реактивности вестибулярной системы, позволяющих дифференцировать уровень поражения статокINETического анализатора. Детализировался характер головокружения, проводилось исследование спонтанного, оптокинетического, гравипозиционного и шейного позиционного нистагма, выполнялся тест встряхивания головы.

Для оценки степени нарушения периферических отделов вестибулярного аппарата проводилась регистрация цВВМП. Для этого использовался регистратор нейрон-спектр-4МВП с ПО нейрон-спектр (версия 2.3.61.0), позволяющий осуществлять регистрацию вызванного ответа на звуковые стимулы. В качестве стимула применялся стимул щелчок с длительностью 4 мс, амплитуда сигнала – 95 Дб, количество предъявлений стимула – не менее 200.

Регистрация электромиограммы проводилась по схеме биполярных отведений, референтный электрод накладывался на грудину, отрицательные электроды размещались на местах крепления мышцы к грудине, положительные – устанавливались на 2/3 брюшка мышцы от верхнего края грудины. Запись сигнала осуществлялась с частотой дискретизации 2 кГц от двух биполярных отведений с применением режেকторного фильтра на 50 Гц, другие фильтры не использовались. Для контроля наводки кардиограммы устанавливались отведения в подключичные ямки слева и справа. Обработка полученных сигналов проводилась в приложении Matlab (v 15.0). Алгоритм включал в себя удаление артефактов с применением метода независимых компонент (ICA) [15], что позволило получить безартефактные сигналы, которые затем усреднялись для получения цВВМП. Из полученных цВВМП рассчитывались максимумы и минимумы амплитуд в окрестности P13 и N21 латентности, для этого определялся интервал для P13~(10–19 мс), N21~(19–27 мс). В представленных интервалах оценивались экстремумы амплитуды цВВМП и их латентности.

Рассчитывался показатель вестибулярной асимметрии (ВА) по общепринятой формуле [16]:

$$ВА = (Ампл. [лев] - Ампл. [прав]) / (Ампл. [лев] + Ампл. [прав]).$$

В ходе статистической обработки полученных количественных данных оценивалась нормальность распределения этих показателей (тест Шапиро – Уилка).

Количественные показатели представлены медианой (*Me*) и межквартильным промежутком [*Q1*; *Q3*]. Возраст пациентов представлен средним значением (*M*) и стандартным отклонением (*SD*), категориальные показатели описываются абсолютными и относительными (в %) частотами. Для оценки связи количественных показателей использовался коэффициент корреляции Спирмена. Сравнение количественных показателей в двух независимых группах выполнялось по критерию Манна. Критический уровень статистической значимости составлял $p = 0,05$.

Результаты

В ходе клинического исследования было выявлено 27 из 28 пациентов (96,4%), предъявляющих жалобы на головокружение. Системное головокружение, харак-

теризующееся ощущением вращения предметов вокруг обследуемого, было зарегистрировано у 29,63%, несистемное головокружение, включая чувство «проваливания», – у 81,48% пациентов. Оба типа жалоб определены у 10,71% обследованных. Данные были получены в ходе опроса пациентов.

Из анамнеза уточнили, что к моменту госпитализации у 10 пациентов (37%) длительность впервые возникших вестибулярных атак составила меньше месяца; 17 обследуемых (63%) описывали медленно прогрессирующие или повторные приступы головокружения.

В ходе клинического вестибулярного тестирования семь обследованных пациентов (26%) демонстрировали спонтанный горизонтальный нистагм, характерный для периферического поражения вестибулярного анализатора (табл. 1).

Таблица 1. Результаты исследования движения глаз в исследуемой группе

Table 1. Results of eye movement assessment in the study group

Результат тестов	Нистагм				
	Спонтанный	Опто-кинетический	Гравипозиционный	Шейный позиционный	Тест встряхивания головы
Положительный, <i>n</i> (%)	7 (28)	22 (78,6)	8 (28,6)	2 (7,1)	22 (78,6)
Отрицательный, <i>n</i> (%)	21 (72)	–	12 (42,9)	10 (35,7)	3 (10,7)
Сомнительный, <i>n</i> (%)	–	–	8 (28,6%)	10 (35,7)	–
Нет данных, <i>n</i> (%)	–	6 (21,4)	–	6 (21,4)	3 (10,7)
Итого	28	28	28	28	28

Проводимые далее тесты, направленные на исследование нистагма, показали, что оптокинетический нистагм выявлялся у всех обследованных пациентов, что свидетельствовало о сохранности центральных интегрирующих путей вестибулярного анализатора в этой группе. У 6 пациентов (21,4%) исследование оптокинеза не выполнялось по объективным причинам. Проба на оценку гравипозиционного нистагма проводилась в положении лежа на спине с задержкой не менее минуты после смены положения тела для оценки ликвородинамических влияний на реактивность вестибулярной системы. Нистагм в положении лежа был выявлен у 8 пациентов (28,6%), отрицательный результат пробы – у 12 обследованных (42,9%), сомнительный – у 8 человек (28,6%). Исследование шейного позиционного нистагма проводилось в положении сидя, в позиции де Клейна с головой, запрокинутой назад и максимально повернутой в сторону. Положительный тест (нистагм сохранялся все время нахождения исследуемого в провоцирующей позе) выявлен только у 2 пациентов (7,1%). У 10 человек (35,7%) наблюдались затухающие ритмические движения глазных яблок, что позволило трактовать тест как сомнительный. У 10 обследованных (35,7%) при запрокидывании и повороте головы нистагм не провоцировался. В 6 случаях (21,4%) тест не проводился по объективным причинам. Тест встряхивания головы показал положительные результаты у 22 пациентов (78,6%). Обследование не выполнялось у 3 пациентов (10,7%) по объективным причинам. У 3 обследованных (10,7%) отклонений от нормы при проведении теста не выявлено.

Клиническое исследование функции отолитовых органов в отобранной группе 28 пациентов осуществлялось с помощью тестов, позволяющих оценить равновесие и координацию. Проводились пальце-носовая и паль-

це-пальцевая пробы, тест Ромберга, оценка фланговой походки и походки Миньковского, выявлялись жалобы на осциллопию.

Расстройств координации движений верхних конечностей в исследованной группе пациентов не выявлено. Жалобы на нечеткость зрения при движении головой, ощущение «плывущих» предметов перед глазами предъявляли 17 (60,7%) обследованных (табл. 2).

Таблица 2. Результаты по оценке несбалансированности

Table 2. Results for imbalance assessment

Результат тестов	Осциллопия	Тест Ромберга	Тесты с ходьбой
Положительный, <i>n</i> (%)	17 (60,7)	9 (32,1)	21 (75,0)
Отрицательный, <i>n</i> (%)	11 (39,3)	19 (67,9)	12 (42,9)
Итого	28	28	28

Жалобы на неустойчивость на момент осмотра предъявляли 23 пациента (82,14%). Однако исследование функции статического и динамического равновесия объективизировало нарушение баланса у 16 обследованных (57,1%), из них у 9 пациентов (32,1%) наблюдалась неустойчивость в положении стоя, у 21 (75%) – при изменении положения тела, поворотах туловища и головы при ходьбе.

Отобранная группа стратифицирована по характеру клинических симптомов на две подгруппы: А – с хроническими вестибулярными нарушениями (7 пациентов), Б – с эпизодическими вестибулярными нарушениями (21 пациент). Средний возраст пациентов группы А составил $66,57 \pm 14,62$, группы Б $56,61 \pm 12,2$ года соответственно.

Оценка цВВМП проводилась во всех сформированных на предварительном этапе группах А и Б. В ходе

исследования оценивалась зависимость амплитуд и латентностей между левой и правой стороной стимуляции, а также между группами с сохранением латеральности. Проведенный статистический анализ показал, что латентности в группах не различаются статистически значимо в отношении слева направо и между группами. Что же касается амплитуды, то в окрестностях латентности P13 были найдены статистически значимые различия между группами А и Б для разных сторон стимуляции – ответа (табл. 3), но для амплитуд в латентности N21 различий не установлено.

Таблица 3. Сравнения значений амплитуды и латентности цервикальных вестибулярных вызванных миогенных потенциалов в группах пациентов с нарушением равновесия вестибулярного генеза ($Me [Q_1; Q_3]$)

Table 3. Comparisons of the amplitude and latency values of cervical vestibular evoked myogenic potentials in groups of patients vestibular balance disorders ($Me [Q_1; Q_3]$)

Сторона измерения	Группа Показатель	А	Б	p
Слева	Амплитуда цВВМП	–0,93 [–1,75; –0,01]	–0,92 [–2,07; –0,27]	0,435
Справа	Амплитуда цВВМП	–1,09 [–1,88; –0,76]	–0,41 [–0,68; –0,085]	0,035

У пациентов, вошедших в группу Б, амплитуда цВВМП с правого отолитового комплекса была ниже (по модулю) в сравнении с группой А, тогда как с левой стороны значения исследуемых показателей в группах А и Б не различались. Это может указывать на отсутствие ответа в данной латентности у пациентов группы Б по сравнению с пациентами группы А. Малую величину амплитуд мы связываем со снижением ответа на стимуляцию как результат существующих у пациентов периферических нарушений органа равновесия.

Для понимания величины обнаруженных латеральных различий в ходе тестирования проводили оценку вестибулярной асимметрии. Рассчитанные показатели средней тенденции сравнивали в группах А и Б. Статистическая проверка отличий показателей продемонстрировала статистически значимые ($p < 0,05$) различия между группами А и Б (табл. 4). Рассчитанный коэффициент асимметрии показал, что в группе А асимметрия практически отсутствует, в то время как в группе Б она близка к единице.

Таблица 4. Сравнение коэффициента вестибулярной асимметрии ($Me [Q_1; Q_3]$)

Table 4. Comparison of the coefficient of vestibular asymmetry ($Me [Q_1; Q_3]$)

Группа Показатель	А	Б	p
ВА	–0,079 [–1,57; 0,17]	–0,99 [–0,42; 0,84]	0,016

Далее проводили сравнение показателей амплитуд внутри групп для понимания степени отличий между левыми и правыми ответами отолитовых органов и ее значимости. Результаты показали, что рассчитанный показатель асимметрии объективен, и амплитуды цВВМП статистически значимо отличаются в группе Б (табл. 5).

Таблица 5. Сравнение различий амплитуд цервикальных вестибулярных вызванных миогенных потенциалов в зависимости от стороны стимуляции и ответа ($Me [Q_1; Q_3]$)

Table 5. Comparison of differences in the amplitudes of cervical vestibular evoked myogenic potentials depending on the side of stimulation and response ($Me [Q_1; Q_3]$)

Группа	Слева	Справа	p
А	–0,93 [–1,75; –0,01]	–1,09 [–1,88; –0,76]	0,601
Б	–0,92 [–2,08; –0,28]	–0,40968 [–0,68; –0,085]	0,015

Согласно результатам, представленным в таблице 5, асимметрия амплитуд в группах А и Б существенна. Группа Б характеризуется большей асимметрией, при том что медиана амплитуды ответов выше в левостороннем отведении, что может указывать на нарушения в отолитовой системе преимущественно справа.

Проведенные расчеты коэффициента корреляции Спирмена для показателей величины амплитуды, ВА с субъективными жалобами и показателями клинического исследования не показали достоверных результатов, что может указывать на отсутствие линейной связи между этими показателями.

Обсуждение

На первом этапе работы для понимания вида нарушения вестибулярной функции проводился общий клинический осмотр, который в целом показал однотипные жалобы пациентов с НР, указывающие на сочетание неврологической симптоматики с ощущением головокружения системного и несистемного характера. Часть респондентов указывали на наличие одновременно двух видов головокружений, свидетельствующих о неточности опросного подхода к оценке характера вертиго у пациентов с эпизодическими и хроническими вестибулярными нарушениями. Это не позволило достоверно различить паттерны центрального и периферического головокружения на основе предъявляемых жалоб в ходе настоящего наблюдения (без предшествующего неврологического и нейрорадиологического исследования). Результаты неинструментальных вестибулярных тестов также не отражали картину, которая могла позволить провести дифференцировку на головокружения и / или нарушение баланса, вызываемые системой полукружных каналов или отолитовых органов. Среди результатов, полученных в ходе вестибулярного тестирования, не обнаружилось таких, по которым бы можно было утверждать качество и топическое расположение нарушений в вестибулярной системе.

В ходе анализа совокупностей результатов тестов, предъявляемых жалоб, а также анамнеза проводилась стратификация на группы, предполагая, что в группы включаются пациенты с однородными вестибулярными нарушениями разных отделов вестибулярного органа или степени нарушений, не исключая сочетанных данных, касающихся вида нарушения и степени его выраженности. Таким образом, клинические исследования не позволили достоверно исключить поражение центрального отдела статокINETического анализатора и понять, какой отдел периферического звена вестибулярной системы имеет повреждения, какой вид и объем

нарушений при данном наборе жалоб и наблюдений характерен для пациента.

С целью усиления диагностической значимости проводилась инструментальная оценка цВВМП, которая, по нашему мнению, должна была показать, у каких пациентов (группы пациентов) доминируют нарушения какой природы. Полученные результаты показали, что представленные к исследованию группы пациентов А и Б действительно отличаются по показателю вестибулярной асимметрии отолитовых ответов ($p = 0,016$), что представлено в ряде работ [17]. В то же время сравнение медиан амплитуд для латентности P13 продемонстрировало достоверные отличия между группами А и Б справа ($p = 0,35$), что указывает на снижение амплитуды справа в группе Б по отношению к группе А. Выяснение причины одностороннего снижения амплитуды в группе Б по сравнению с группой А требует дальнейшего исследования с помощью других инструментальных средств.

Проверка значимости различий амплитуд внутри группы Б показала достоверные результаты ($p = 0,015$), что отражает наличие асимметрии в группе Б у большинства пациентов. Представленные различия амплитуд могут свидетельствовать об отсутствии асимметричных нарушений в отолитовой системе (амплитуды одинаковые справа и слева) в группе А, а предъявляемые пациентами жалобы и результаты тестов позволяют предположить у них нарушения преимущественно системы полукружных каналов или общее симметричное снижение функции периферического отдела анализатора. Для уточнения, какой из каналов поврежден, нужно проводить более детальное обследование, требующее специальной подготовки пациентов и специалистов. Группа Б, видимо, характеризуется нарушением отолитовой системы и, судя по амплитудам справа, указывает на правостороннюю недостаточность ответов цервикального вестибулярного миогенного рефлекса.

Интересным дополнением данного исследования, вероятно, была бы регистрация окулярно-вестибулярного вызванного миогенного потенциала (оВВМП), позволяющая показать наличие нарушений в системе полукружных каналов, однако цель исследования системы полукружных каналов нами не ставилась. Остается неясным отсутствие различий в амплитудах для латентности N21, что в целом для метода цВВМП не характерно и требует проведения тестирования с более тщательной методической подготовкой или применением более сложных математических методов обработки данных [4].

Полагаем, что это может быть связано с особенностями исследуемых, некоторым было объективно трудно удерживать голову в определенных положениях, что, в свою очередь, снижало амплитуды регистрируемых вызванных потенциалов в обеих группах. Таким образом, из результатов, полученных в ходе регистрации цВВМП, можно указать на сохранность функции отолитовых ответов по максимуму амплитуд в латентности P13, и также оценить асимметричность реакции отолитовой системы на стимулы, вызываемые звуковым давлением на барабанную перепонку с указанием латеральности поражения органа.

В ходе работы возник вопрос о мере связи показателя амплитуды цВВМП и показателя вестибулярной асимметрии с жалобами, предъявляемыми пациентами, и объективными оценками врача. С этой целью проводился

расчет коэффициента корреляции Спирмена, который не продемонстрировал статистически значимых связей. Полагаем, это может указывать на субъективность ощущений, не связанных линейно с показателем вестибулярной асимметрии и амплитуд цВВМП, зарегистрированных слева и справа при односторонней стимуляции. Отсутствие линейной связи между показателями, возможно, позволяет предполагать независимость полученной оценки характера и качества нарушений от субъективных ощущений пациентов.

С клинической точки зрения, проведенные исследования билатеральных отолитовых реакций дают возможность понять причину НР у пациентов с эпизодическими и хроническими вестибулярными нарушениями и скорректировать изначально принятую тактику лечения в этой группе больных. В целом анализ представленных результатов позволяет описать важные систематические особенности билатеральных отолитовых реакций, которые могут выражаться как в снижении амплитуды ответов в определенной латентности, так и снижении амплитуды в отношении латеральности нарушения чувствительности отолитовых органов.

Дальнейшие исследования, направленные на комплексную оценку состояния вестибулярных функций у данной категории пациентов (в обеих группах), будут необходимы для получения более четкой картины доминирующего нарушения вестибулярного органа.

Заключение

Важным симптомом острой вестибулярной дисфункции является головокружение, вызванное поражением периферического отдела вестибулярного аппарата, которое расценивается как системное и характеризуется ощущением вращения окружающих предметов в той или иной плоскости либо ощущением вращения самого пациента вокруг своей оси. Однако в клинической картине у пациентов с эпизодическими и хроническими вестибулярными нарушениями на первый план выходят статико-локомоторные нарушения, оказывающие влияние на качество жизни и повышающие риск падений.

Для изучения билатеральных отолитовых реакций у пациентов с НР вестибулярного генеза нами проведено тестирование пациентов с эпизодическими и хроническими вестибулярными нарушениями методом цВВМП.

Клинический и инструментальный анализ вестибулярной дисфункции пациентов, обратившихся за неврологической помощью, показал, что:

- присутствует повреждение как полукружных каналов, так и отолитовых органов;
- степень нарушения вестибулярной функции выражается в асимметрии вестибулярных рефлексов и / или двухстороннем поражении вестибулярных органов;
- результаты исследования позволяют рассматривать метод цВВМП как один из методов объективной оценки состояния отолитового аппарата у пациентов неврологического профиля с подозрением на нарушение вестибулярной функции.

Расширение использования данного метода для оценки состояния не только отолитовой, но и системы полукружных каналов позволит дифференцировать определяющее нарушение функции вестибулярного органа. В связи с этим рекомендуется применение вышеуказанного метода в обычной неврологической практике.

Литература / References

1. Halmagyi G.M., Curthoys I.S., Dai M.J. Diagnosis of unilateral otolith hypofunction. *Neurol. Clin.* 1990;8(2):313–329.
2. Murray K.J., Hill K.D., Phillips B., Waterston J. The influence of otolith dysfunction on the clinical presentation of people with a peripheral vestibular disorder. *Phys. Ther.* 2007;87(2):143–152. DOI: 10.2522/ptj.20060004.
3. Curthoys I.S., Manzari L. Otolithic disease: clinical features and the role of vestibular evoked myogenic potentials. *Semin. Neurol.* 2013;33(3):231–237. DOI: 10.1055/s-0033-1354595.
4. Rosengren S.M., Colebatch J.G., Young A.S., Govender S., Welgampola M.S. Vestibular evoked myogenic potentials in practice: Methods, pitfalls and clinical applications. *Clin. Neurophysiol. Pract.* 2019;4:47–68. DOI: 10.1016/j.cnp.2019.01.005.
5. van Stiphout L., Szmulewicz D.J., Guinand N., Fornos A.P., Van Rompaey V., van de Berg R. Bilateral vestibulopathy: a clinical update and proposed diagnostic algorithm. *Front. Neurol.* 2023;14:1308485. DOI: 10.3389/fneur.2023.1308485.
6. Singh N.K., Pandey P., Mahesh S. Assessment of otolith function using cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials in individuals with motion sickness. *Ergonomics.* 2014;57(12):1907–1918. DOI: 10.1080/00140139.2014.952683.
7. Comolli L., Korda A., Zamaro E., Wagner F., Sauter T.C., Caversaccio M.D. et al. Vestibular syndromes, diagnosis and diagnostic errors in patients with dizziness presenting to the emergency department: a cross-sectional study. *BMJ Open.* 2023;13(3):e064057. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-064057.
8. Парфенов В.А., Кулеш А.А., Демин Д.А., Гусева А.Л., Виноградов О.И. Вестибулярное головокружение при инсульте и вестибулярном нейроните. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски.* 2021;121(122):41–49. Parfenov V.A., Kulesh A.A., Demin D.A., Guseva A.L., Vinogradov O.I. Vestibular vertigo in stroke and vestibular neuronitis. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2021;121(122):41–49. (In Russ.). DOI: 10.17116/jnevro202112112241.
9. Bisdorff A. Vestibular symptoms and history taking. *Handb. Clin. Neurol.* 2016;137:83–90. DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00006-6.
10. Colledge N.R., Barr-Hamilton R.M., Lewis S.J., Sellar R.J., Wilson J.A. Evaluation of investigations to diagnose the cause of dizziness in elderly people: a community based controlled study. *BMJ.* 1996;313(7060):788–792. DOI: 10.1136/bmj.313.7060.788.
11. Wu Z., Liu B. Expert consensus on the diagnosis of isolated otolith dysfunction. *Journal of clinical otorhinolaryngology, head, and neck surgery.* 2023;37(6):409–414. [In Chinese]. DOI: 10.13201/j.issn.2096-7993.2023.06.002.
12. Jecko V., Garcia L., Doat E., Leconte V., Liguoro D., Cazalets J.R. et al. Vestibulospinal reflexes elicited with a tone burst method are dependent on spatial orientation. *Peer J.* 2024;12:e17056. DOI: 10.7717/peerj.17056.
13. Mildren R.L., Cullen K.E. Vestibular contributions to primate neck postural muscle activity during natural motion. *J. Neurosci.* 2023;43(13):2326–2337. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1831-22.2023.
14. Curthoys Ian S. Concepts and physiological aspects of the otolith organ in relation to electrical stimulation. *Audiol. Neurotol.* 2020;25(1–2):25–34. DOI: 10.1159/000502712.
15. Delorme A., Palmer J., Onton J., Oostenveld R., Makeig S. Independent EEG Sources Are Dipolar. *PLoS ONE.* 2012;7(2):e30135. DOI: 10.1371/journal.pone.0030135.
16. Kingma C.M., Wit H.P. Asymmetric vestibular evoked myogenic potentials in unilateral Menière patients. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2011;268(1):57–61. DOI: 10.1007/s00405-010-1345-5.
17. Inui T., Haginomori S.I., Kajimoto Y., Kuriyama T., Shirai T., Kinoshita I. et al. Asymmetry and tuning shift of the cervical vestibular evoked myogenic potential indicate saccular dysfunction in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Clin. Neurophysiol.* 2022;134:43–49. DOI: 10.1016/j.clinph.2021.12.003.

Информация о вкладе авторов

Гребенюк О.В. – формирование выборки пациентов, разработка концепции статьи, анализ и интерпретация полученных результатов.

Светлик М.В. – разработка концепции статьи, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация результатов.

Алифиров В.М., Демкин В.П. – разработка концепции исследования.

Акинина М.Д. – формирование базы данных пациентов, редактирование текста рукописи.

Мельничук С.В., Демкин О.В. – математическая обработка сигналов.

Руденко Т.В. – интерпретация полученных результатов, редактирование текста рукописи.

Смаглий Л.В. – интерпретация полученных результатов.

Вишневская Я.Б. – формирование базы данных пациентов.

Труханов А.Е. – проведение первичного осмотра пациентов, тестирование пациентов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information on author contributions

Grebenuk O.V. – forming a sample of patients, developing the article concept, analyzing and interpreting of the results.

Svetlik M.V. – development of the article concept, statistical data processing, analysis and interpretation of the results.

Alifirova V.M., Demkin V.P. – development of the study concept.

Akinina M.D. – formation of a patient database, editing.

Melnichuk S.V., Demkin O.V. – mathematical signal processing.

Rudenko T.V. – interpretation of the results obtained, editing.

Smaglyi L.V. – interpretation of the results obtained.

Vishnevskaya Ya.B. – formation of a patient database.

Trukhanov A.E. – conducting initial examination of patients, testing patients.

Conflict of interest: the authors do not declare a conflict of interest

Сведения об авторах

Гребенюк Олег Валерьевич, канд. мед. наук, доцент, кафедра неврологии и нейрохирургии, СибГМУ Минздрава России; старший научный сотрудник, лаборатория моделирования физических процессов в биологии и медицине, НИ ТГУ, Томск, <https://orcid.org/0000-0002-4740-0162>.

E-mail: oleg129129@mail.ru.

Светлик Михаил Васильевич, канд. биол. наук, доцент, кафедра физиологии человека и животных, НИ ТГУ, Томск, <https://orcid.org/0000-0003-0990-2580>.

E-mail: mihasv@rambler.ru.

Алифиров Валентина Михайловна, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии и нейрохирургии, СибГМУ Минздрава России, Томск, <https://orcid.org/0000-0002-4140-3223>.

E-mail: V_Alifirova@mail.ru.

Information about the authors

Oleg V. Grebenuk, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Neurology and Neurosurgery, SSMU, Tomsk; Senior Research Scientist, National Research Tomsk State University, Tomsk, <https://orcid.org/0000-0002-4740-0162>.

E-mail: oleg129129@mail.ru.

Mikhail V. Svetlik, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Human and Animal Physiology, Senior Research Scientist, National Research Tomsk State University, Tomsk, <https://orcid.org/0000-0003-0990-2580>.

E-mail: mihasv@rambler.ru.

Valentina M. Alifirova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Neurology and Neurosurgery, SSMU, Tomsk, <https://orcid.org/0000-0002-4140-3223>.

E-mail: V_Alifirova@mail.ru.

Демкин Владимир Петрович, д-р физ.-мат. наук, профессор, кафедра общей и экспериментальной физики, НИ ТГУ, Томск, <https://orcid.org/0000-0002-2183-5811>.

E-mail: demkin@ido.tsu.ru.

Акинина Мария Дмитриевна, аспирант, старший научный сотрудник, лаборатория моделирования физических процессов в биологии и медицине, НИ ТГУ, Томск, <https://orcid.org/0000-0001-6149-4612>.

E-mail: maakin1993@yandex.ru.

Мельничук Сергей Васильевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, кафедра общей и экспериментальной физики, НИ ТГУ, Томск, <https://orcid.org/0000-0003-0431-1554>.

E-mail: osbereg@yandex.ru.

Руденко Татьяна Владимировна, канд. пед. наук, доцент, кафедра общей и экспериментальной физики, НИ ТГУ; доцент, кафедра медицинской и биологической кибернетики, СибГМУ Минздрава России, Томск, <https://orcid.org/0000-0002-4801-7026>.

E-mail: rudenko@ido.tsu.ru.

Смаглий Людмила Вячеславовна, канд. мед. наук, доцент, кафедра биофизики и функциональной диагностики, СибГМУ Минздрава России; старший научный сотрудник, лаборатория моделирования физических процессов в биологии и медицине, НИ ТГУ, Томск; руководитель отдела эпидемиологии радиогенной патологии, ФГБУН СБН Центр ФМБА России, Северск, <https://orcid.org/0000-0002-5263-027X>.

E-mail: lud.smagly@yandex.ru.

Демкин Олег Владимирович, заведующий лабораторией, кафедра общей и экспериментальной физики, НИ ТГУ, Томск, <https://orcid.org/0000-0002-7062-2871>.

E-mail: demkinoleg81@gmail.com.

Вишневская Яна Борисовна, заведующий отделением неврологии, ОГБУЗ «МСЧ № 2», Томск.

E-mail: yana1971vishnevskaya@gmail.com.

Труханов Антон Евгеньевич, врач невролог, ОГБУЗ «МСЧ № 2», Томск.

E-mail: anton.kot2020@yandex.ru.

 **Светлик Михаил Васильевич**, e-mail: mihasv@rambler.ru.

Vladimir P. Demkin, Dr. Sci. (Phis.-Mat.), Professor, Department of General and Experimental Physics, National Research Tomsk State University, Tomsk, <https://orcid.org/0000-0002-2183-5811>.

E-mail: demkin@ido.tsu.ru.

Maria D. Akinina, Postgraduate Student, Senior Research Scientist, National Research Tomsk State University, Tomsk, <https://orcid.org/0000-0001-6149-4612>.

E-mail: maakin1993@yandex.ru.

Sergey V. Melnichuk, Cand. Sci. (Phis.-Mat.), Associate Professor, Department of General and Experimental Physics, National Research Tomsk State University, Tomsk, <https://orcid.org/0000-0003-0431-1554>.

E-mail: osbereg@yandex.ru.

Tatiana V. Rudenko, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor, Department of General and Experimental Physics, National Research Tomsk State University, Tomsk; Associate Professor, Department of Medical and Biological Cybernetics, SSMU, Tomsk, <https://orcid.org/0000-0002-4801-7026>.

E-mail: rudenko@ido.tsu.ru.

Lyudmila V. Smaglyi, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Biophysics and Functional Diagnostics Division, SSMU, Tomsk; Senior Research Scientist, National Research Tomsk State University, Tomsk; Head of the Epidemiology of Radiation Pathology Department, SBRC, Seversk, <https://orcid.org/0000-0002-5263-027X>.

E-mail: lud.smagly@yandex.ru.

Oleg V. Demkin, Head of the Laboratory, Department of General and Experimental Physics, National Research Tomsk State University, Tomsk. <https://orcid.org/0000-0002-7062-2871>.

E-mail: demkinoleg81@gmail.com.

Yana B. Vishnevskaya, Head of the Department of Neurology, Medical and sanitary unit № 2, Tomsk.

E-mail: yana1971vishnevskaya@gmail.com.

Anton E. Trukhanov, Neurologist, Medical and Sanitary Unit № 2, Tomsk.

E-mail: anton.kot2020@yandex.ru.

 **Mikhail V. Svetlik**, e-mail: mihasv@rambler.ru.

Поступила 18.04.2024;
рецензия получена 30.09.2024;
принята к публикации 10.10.2024.

Received 18.04.2024;
review received 30.09.2024;
accepted for publication 10.10.2024.