

Современные технологии диагностики вестибулярной дисфункции в неврологической практике

С.А. Лихачев, О.А. Аленикова

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии Министерства здравоохранения Республики Беларусь (Минск)

Оценка вестибулярной функции является тонким показателем функционального состояния систем мозга, отвечающих за пространственный комфорт. Многолетнее изучение окуломоторных реакций в клинике заболеваний внутреннего уха и головного мозга позволило с достаточным основанием отнести нистагм к числу важнейших признаков поражения ЦНС. Являясь объективным, развернутым во времени клиническим феноменом, он наблюдается визуально, легко регистрируется и оценивается количественно. Наибольшую сложность представляет распознавание латентной вестибулярной дисфункции, т.е. в тех случаях, когда нистагм не виден при обычном неврологическом осмотре. Использование специальной аппаратуры позволяет качественно и количественно оценить его параметры, особенно те, которые визуально не определяются (дизритмия) или улавливаются слабо (неравномерность амплитуды, изменение нистагма после различных функциональных нагрузок и др.). Представлены возможности и клиническая оценка современных технологий диагностики вестибулярной дисфункции на конкретных клинических примерах.

Ключевые слова: электронистагмография, видеонистагмография, вестибулярная дисфункция, диагностические возможности

Диагностика вестибулярной дисфункции всегда являла собой сложную клиническую задачу. Причем наибольшую сложность представляет распознавание латентной дисфункции, в тех случаях, когда нистагм не виден при обычном неврологическом осмотре. Использование специальной аппаратуры позволяет выявлять его при закрытых глазах, качественно и количественно оценить параметры, особенно те, которые визуально совсем не определяются (дизритмия) или улавливаются слабо (неравномерность амплитуды, изменение нистагма после различных функциональных нагрузок и др.). Объективная регистрация нистагма значительно повышает диагностическую значимость исследования.

При осмотре больного врачу необходимо выяснить:

- а) есть ли у исследуемого вестибулярная дисфункция, т.е. болен ли он;
- б) если да, установить топiku поражения;
- в) если это возможно, уточнить этиологию процесса.

Современные технологии решают три основные проблемы вестибулометрии: 1) регистрацию движений глаз; 2) стимуляцию вестибулярного, зрительного, пропротентивного и др. рецепторных органов, вызывающую нистагмическую или другие глазодвигательные реакции (саккады, слежение, фиксация взора и т.д.); 3) обработку и оценку полученных данных.

В РНПЦ неврологии и нейрохирургии МЗ РБ (до 2005 г. – Белорусский НИИ неврологии, нейрохирургии и физиотерапии) с 1957 г. под руководством профессора И.А. Склюта работала лаборатория клинической лабиринтологии (впоследствии – вестибулометрии и эквилиброметрии). В лаборатории накоплен определенный опыт диагностики вестибулярной дисфункции в клинике нервных болезней, который целесообразно обобщить.

Оборудование

В нашей клинике мы используем два вестибулометрических аппарата:

- 1) «Statokin» (Россия) – миниатюрный переносной прибор, предназначенный для проведения электронистагмографии. Этот прибор легко подключается к любому стационарному компьютеру или ноутбуку, что позволяет проводить обследование у постели больного.
- 2) «Interacoustic» (Дания) – мощный стационарный полифункциональный аппарат, совмещающий видеонистагмографию (модуль VO 425b), отоакустическую эмиссию (модули ТЕОАЕ 25 и ДРОАЕ 20), систему регистрации акустических стволовых и вестибулярных миогенных вызванных потенциалов (модуль EP 25). Наличие в системе видеонистагмографии дополнительных опций (калоризатор, видеопроектор для оптокинетической стимуляции, саккадического теста и плавного слежения с соответствующим программным обеспечением) позволяет производить обследование пациентов в соответствии с мировыми стандартами. Вращательные тесты осуществляются с помощью электровращающего кресла Барани. Специальное программное обеспечение позволяет задавать параметры вращения, а именно скорость и амплитуду вращения, тип вращения (синусоидальное, треугольное, трапезоидное).

Способы регистрации движений глаз

Электронистагмография (ЭНГ) основана на регистрации корнеретинального потенциала при помощи накожных электродов, зафиксированных у углов глаз (горизонтальный канал) и в области верхнего и нижнего края глазницы (вертикальный канал). ЭНГ имеет следующие преимущества: простота, проведение исследования у больных в тяжелом состоянии, возможность регистрации движения глаз при закрытых глазах, проведение исследования в условиях

стационара и поликлиники. Вместе с тем у ЭНГ имеются и недостатки, к которым относятся:

- а) низкая чувствительность, не позволяющая регистрировать нистагм с амплитудой менее $2-3^\circ$ без искажения, что значительно затрудняет изучение таких движений глаз как саккады;
- б) величина регистрируемого корнеретинального потенциала находится в линейной зависимости от реальной амплитуды движения глаз всего лишь в пределах $3,5-20^\circ$, а при большей амплитуде указанная линейная зависимость утрачивается, что также искажает вычисляемые параметры нистагма;
- в) регистрация ЭНГ производится не на основании прямого снятия параметров движений глаз, а опосредованно через изменение корнеретинального потенциала, что влечет за собой необходимость калибровки;
- г) наличие различных сетевых помех, а также помех окружающей среды;
- д) ЭНГ не позволяет оценить диагональные и круговые движения глаз, зрачковую реакцию, нарушение двигательной функции век.

Видеонистагмография (ВНГ) – более совершенный метод регистрации нистагма, отличающийся высокой точностью, экономией времени, отсутствием артефактов при регистрации. Прибор представляет собой нистагмограф на базе персонального компьютера, использующий для записи и анализа данных метод видеосчитывания. Пациент надевает на голову маску, в которую встроены две специальные легкие инфракрасные видеокамеры, позволяющие одновременно исследовать движения обоих глаз. Такая комбинированная маска предоставляет возможность наблюдать за перемещениями глаз, а программное обеспечение регистрирует координаты и скорости этих перемещений (рис. 1). Эта маска очень удобна, легко изменяет форму с учетом межзрачкового расстояния и необходимого фокального расстояния. Преимущества этого метода, который в последние годы используют все ведущие клиники мира, очевидны: точнейшая фиксация горизонтальных, вертикальных и вращательных движений глаз, компьютерная обработка данных в режиме реального времени, нет необходимости в экранированном помещении (т.к. отсутствуют электроды и артефакты), большая экономия времени для исследования, абсолютно точный расчет изучаемых параметров. Для регистрации и анализа данных в распоряжении имеются различные модули программного обеспечения:



рис. 1: Стенд для проведения видеонистагмографии. Слева – вращающееся кресло, справа – очки со встроенными инфракрасными видеокамерами.

- программное обеспечение для калибровки системы, настройка параметров тестов;
- программа автоматического распознавания положения зрачков;
- одновременная запись на жесткий диск компьютера видеосигнала с изображением глаз и координат центров зрачков;
- бинокулярная синхронная пупиллометрия;
- синхронный непрерывный или покадровый просмотр видеозаписи движений глаз и графиков координат центров зрачков (опция);
- ручная корректировка результатов распознавания после проведения обследования по сохраненной видеозаписи;
- построение и исследование различных графиков и диаграмм.

Методики стимуляции

В современной вестибулологии, помимо изучения параметров спонтанного нистагма, существует ряд вестибулометрических тестов, позволяющих на субклиническом уровне выявлять поражение стволово-мозжечковых, лабиринтных и других структур. В зависимости от способа стимуляции эти тесты подразделяются на следующие группы:

1. Тесты, основанные на провокации нистагма путем изменения положения головы и тела в пространстве (проба Де Клейна, тест Дикса Халпинка и др.).
2. Провокация нистагма путем гипervентиляции, ортостатической нагрузки, пробы Вальсальвы и др.
3. Тесты, основанные на изменении энергетического потенциала вестибулярного ядерного комплекса: калоризация ушей холодной и/или горячей водой, вращательные тесты.
4. Исследование окуломоторных реакций при предъявлении зрительной стимуляции: изучение оптокинетического нистагма, тест плавного слежения, саккадический тест.

В зависимости от поставленных перед исследователем задач используются определенные наборы тестов, позволяющих наиболее полно провести обследование конкретного больного. При этом оценивается спонтанная глазодвигательная активность, параметры провокационного нистагма, цервикоокулярный рефлекс, вестибулоокулярный рефлекс, оптокинетический нистагм, характеристики саккад и плавного слежения.

В пробе де Клейна голову пациента поворачивают влево на $50-60^\circ$ и в таком положении производят запись нистагма, как правило, в течение 30–40 с. Аналогично выполняют поворот вправо. Тест Дикса Халпинка проводится следующим образом: вначале пациента укладывают на левый бок в горизонтальное положение и производят запись движений глаз в течение определенного времени, задаваемого исследователем (около 40–50 с), далее пациент переворачивается на правый бок с записью нистагма в течение такого же промежутка времени. Серию из последовательных поворотов проводят дважды.

Использование вращательных тестов позволяет изучать вестибулоокулярные (ВОР) и цервикоокулярные рефлексы (ЦОР).

ВОР может вызываться: 1) вращением в кресле (по синусоидальной, триангулярной и др. программе с задаваемой скоростью и амплитудой поворота); 2) активными поворотами головы вокруг аксиальной оси (провокация горизонтального ВОР) и вокруг фронтальной оси (провокация вертикального ВОР). Кроме того, существует несколько типов методик вращательных тестов, позволяющих более глубоко изучать отдельные аспекты ВОР:

- а) вращение с открытыми глазами в темноте;
- б) вращение с закрытыми глазами;
- в) вращение с фиксацией взора на движущемся вместе с головой объекте. Во время поворотов пациенту дается команда внимательно фиксировать взором зрительный объект, расположенный перед лицом испытуемого на планке-держателе;
- г) вращение с фиксацией взора на неподвижном объекте. Во время поворотов кресла или головы глаза пациента фиксируют неподвижный предмет (например, точку на стене). При этом в норме глазные яблоки должны отклоняться в противоположном движению кресла направлении.

При исследовании пассивного ЦОР больной садился во вращающееся кресло. Голова его удерживалась в прямом положении вручную или с помощью специальных приспособлений. Кресло поворачивали поочередно вправо и влево. Вращательные движения осуществлялись лишь в шее за счет краниовертебрального сочленения и шейного отдела позвоночника. При повороте кресла вправо, с соблюдением условия неподвижности головы, левое плечо испытуемого оказывалось около его подбородка — так называемый пассивный поворот головы влево.

В тесте плавного слежения глаза пациента плавно движутся по экрану вслед за движущейся мишенью. Направление (горизонтальное, диагональное) и скорость движения мишени задается исследователем. Кроме того, возможна настройка других параметров теста: амплитуда и тип движения мишени (синусоидальное или линейное), время исследования, параметры ускорения мишени, размер и цвет мишени и т.д. Анализ глазодвигательной реакции проводится раздельно для движений глаз вправо и влево — «правые циклы» и «левые циклы».

В оптокинетическом тесте исследуется способность пациента следить за движущимися в различных направлениях и с разными скоростями зрительными стимулами. По своему усмотрению исследователь может изменять конфигурацию теста.

При выполнении саккадического теста пациент следит за целью на экране, которая движется скачкообразно в различных направлениях. Исследуемый фиксирует взгляд на цели, а затем перемещает взор к следующей позиции быстрыми движениями глаз (саккадами).

Результаты исследований

За годы существования лаборатории осмотрено и обследовано с помощью различной вестибулометрической техники более 10 000 пациентов в возрасте от 2 до 86 лет с самой разнообразной патологией ЦНС. Исследования проводились как в самой лаборатории, так и в неврологических и реанимационных отделениях с помощью переносного прибора.

Клинический пример 1.

Больная Ч., 55 лет, поступила в неврологическое отделение РНПЦ неврологии и нейрохирургии с жалобами на приступы выраженного системного головокружения, возникающие в горизонтальном положении при повороте на левый бок, а также при переходе из горизонтального положения в вертикальное. Приступы продолжительностью до 1 мин сопровождались вегетативными симптомами в виде побледнения кожных покровов, тошноты, иногда рвоты, носили яркую психо-эмоциональную окраску. При клиническом осмотре отмечался затухающий горизонтальный нистагм при укладывании пациентки на левый бок, другая очаговая симптоматика отсутствовала. При проведении МРТ головного мозга и исследовании экстра- и интракраниальных сосудов патологии не выявлено.

При ВНГ: спонтанный нистагм отсутствовал. Гипервентиляционный тест — отрицательный. Исследование оптокинетического нистагма, плавного слежения, ВОР при проведении синусоидального вращения не выявило патологических изменений. Учитывая анамнестические сведения и данные клинического осмотра, в этом случае целесообразно проведение позиционных тестов.

В тесте Дикса Халпинка у больной при укладывании на левый бок выявлен интенсивный ротаторный нистагм, регистрирующийся на горизонтальном и вертикальном каналах с частотой 3–4 удара в секунду и последующим постепенным затуханием в течение 30 с. Помимо появления ротаторного нистагма у больной отмечалось сужение зрачков на протяжении первых 10–15 с, с последующим их расширением. При укладывании на правый бок возник кратковременный (5–6 с) горизонтальный нистагм вправо с частотой 3–4 в мин. Во время повторного поворота на левый бок снова возник ротаторный нистагм продолжительностью 20 с, сопровождающийся сужением зрачков.

На основании жалоб, анамнестических данных и результатов видеонистагмографии можно думать, что у больной имеет место доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение как проявление купулолитиаза левого заднего полукружного канала.

Клинический пример 2.

Больная П., 47 лет, поступила в неврологическое отделение с жалобами на скованность и дрожание в руках и ногах, преимущественно слева, замедленность движений, редкие падения (связанные с постоуральной неустойчивостью). Выставлен клинический диагноз: болезнь Паркинсона, ригидно-дрожательная форма, III стадия по Хен–Яру.

Окуломоторные нарушения, как составная часть общей моторики, являются прекрасной моделью, отражающей двигательные нарушения у больных болезнью Паркинсона. Поскольку в генезе окуломоторных нарушений лежат общие с основными двигательными симптомами (гипокинезия, ригидность и др.) патогенетические механизмы, в известной степени наблюдается параллелизм между ними.

Проведение ВНГ у больной П. с использованием саккадического теста, исследования оптокинетического нистагма и теста плавного слежения подтверждает выше-

таблица 1: Характеристики саккадического теста больной П.

Скорость саккад (°/с)				
Направление саккад	вверх	вниз	в сторону преобладания симптомов	в противоположную сторону
Норма	455±50	453±50	468±52	468±52
Пациентка	271	365	300	390
Точность саккад (%)				
Норма	100	100	100	100
Пациентка	71,7	89,5	89,5	95
Латентность (мс)				
Норма	255±50	453±50	268±52	268±52
Пациентка	255	325	350	290

сказанное (рис. 2, 3). Данные саккадического теста представлены в табл. 1. У больной отмечается замедление скорости и увеличение латентности саккад при снижении их точности выполнения, причем эти изменения наиболее выражены для саккад вверх и в сторону преобладания клинических симптомов. У больной выявлено и сниженные скорости плавного слежения в обе стороны, с наименьшими показателями на стороне преобладания клинической симптоматики (слева). Параллельно снижению скорости ухудшалась и плавность следящих движений. Выявлены характерные изменения оптокинетического нистагма при проведении стимуляции в горизонтальном и вертикальном направлении. Результаты теста представлены в табл. 2. У больной при скорости оптокинетической стимуляции 20°/с регистрируется регулярный горизонтальный и вертикальный нистагм. Параметры нистагма в сторону преобладания симптомов ниже, чем в противоположную сторону, а для вертикального оптокинетического нистагма вверх эти параметры ниже, чем для нистагма вниз. При увеличении скорости оптокинетической стимуляции до 35°/с отмечается значительное снижение коэффициента плавности движений (среднее арифметическое всех коэффициентов плавности, рассчитанных для каждого левого или правого цикла, %), но особенно для нистагма вверх (рис. 3). Оптокинетический нистагм вверх представлен единичными зубцами, которые появляются после периодов полного угнетения глазодвигательной активности.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют вовлечение окуломотрной системы на субклиническом

таблица 2: Параметры оптокинетического нистагма (ОКН) у больной П.

Показатели	Скорость стимула (°/с)	ОКН горизонтальный		ОКН вертикальный	
		в сторону преобладания симптоматики	в противоположную сторону	вверх	вниз
Скорость медленной фазы цикла (°/с)	20	15,2	18,5	15,2	17,3
	35	16,5	25,1	15,4	20,6
Коэффициент плавности движений (%)	20	75,8	92,4	78,2	86,4
	35	43,4	71,6	44,1	58,9

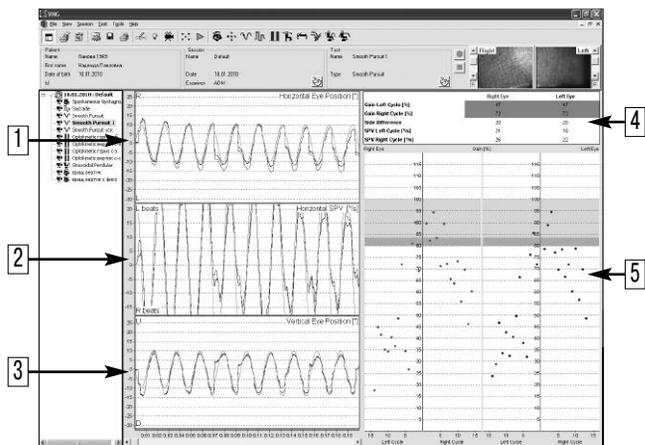


рис. 2: Тест плавного слежения у больной П.

1. Горизонтальная позиция глаз;
2. Отображение скорости слежения;
3. Вертикальная позиция глаз;
4. Средние значения изучаемых параметров;
5. Позиция глаза в каждом цикле.

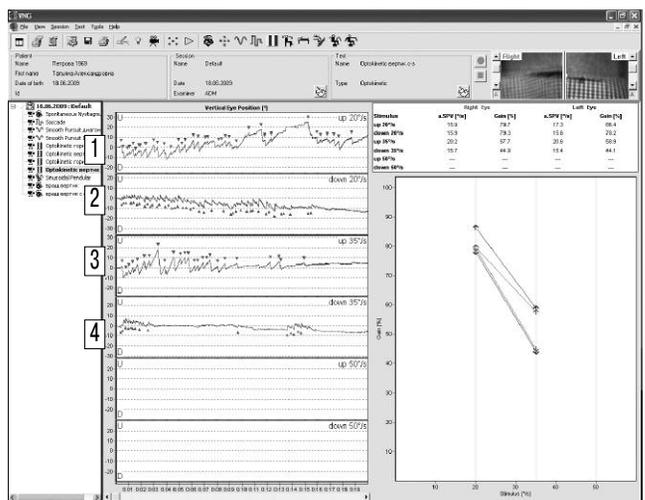


рис. 3: Вертикальный оптокинетический тест у больной П.

- 1 – оптокинетическая стимуляция вверх на скорости 20°/с, регистрируется оптокинетический нистагм (ОКН) вниз;
- 2 – оптокинетическая стимуляция вниз на скорости 20°/с, регистрируется ОКН вверх;
- 3 и 4 – оптокинетическая стимуляция на скорости 35°/с вверх и вниз, соответственно: на этой скорости выявляется заметное угасание ОКН вверх (4).

уровне в патологический процесс при болезни Паркинсона.

Оценка вестибулярной функции – тонкий показатель функционального состояния систем мозга, отвечающих за пространственный комфорт. Многолетнее изучение окуломотрных реакций в клинике заболеваний внутреннего уха и головного мозга позволило с достаточным основанием отнести нистагм к числу важнейших признаков поражения ЦНС. Являясь объективным, развернутым во времени клиническим феноменом, он наблюдается визуально, легко регистрируется и оценивается количественно, как было продемонстрировано на клинических примерах. Изучение основных характеристик нистагма позволяет в какой-то степени определить характер и топiku поражения ЦНС.

Помимо исследования окуломоторных реакций с применением ВНГ, в диагностике вестибулярных дисфункций все большее значение в мировой практике приобретает регистрация вестибулярных вызванных миогенных потенциалов (*vestibular evoked myogenic potential* – VEMP). Стимуляция производится через головные телефоны TDH49 посредством звуковых щелчков. Эфферентные пути VEMP включают: саккулюс внутреннего уха, нижний вестибулярный нерв, вестибулярное ядро, вестибуло-спинальный тракт и *m. sternocleidomastoideus*. Таким образом, при стимуляции уха громким звуком и записи тонического сокращения *m. sternocleidomastoidens* можно оценить функцию нижнего вестибулярного нерва и вестибуло-цервикальный рефлекс. VEMP является высокочувствительным методом диагностики, позволяющим выявлять первичные опухоли вестибулярного нерва на самых ранних этапах заболевания. Регистрация VEMP обеспечивает точную тоническую диагностику уровня поражения ствола мозга при нормальных параметрах акустических стволовых вызванных потенциалов. Поскольку метод является относительно новым, существует много спорных и нерешенных вопросов относительно параметров VEMP как в норме (особенно в возрастном аспекте), так и при различной патологии. В нашем центре активно ведутся разработки по исследованию вестибулярных вызванных миогенных потенциалов у больных с демиелинизирующими заболеваниями, спастической кривошеей, нейродегенеративными заболеваниями. Сочетанное исследование акустических стволовых вызванных потенциалов и VEMP позволяет более полно оценить состояние периферического звена слухового анализатора и стволовых образований головного мозга.

В своей практике неврологи по большей части уделяют внимание исследованию вестибулярной системы, порой недооценивая состояние кохлеарной функции. Многие отечественные и зарубежные исследования показывают, что одновременно с вестибулярной дисфункцией при поражении головного мозга часто имеют место и кохлеарные нарушения, в основном на субклиническом уровне. С другой стороны, перед неврологами возникают сложности

при проведении дифференциальной топической диагностики нарушения слуховой функции, а именно в определении уровня поражения (кохлеарного или ретрокохлеарного). В связи с этим представляется целесообразным проводить более детальное обследование слуховой функции у больных неврологического профиля.

Феномен отоакустической эмиссии заключаем в том, что с помощью чувствительного микрофона, введенного в наружный слуховой проход, через несколько миллисекунд после звукового стимула можно зарегистрировать ответный звуковой сигнал. Существуют группы волосяных нервных клеток, выполняющие задачу поддержки звуковых колебаний, что приводит к разборчивому и немонотонному восприятию речи и окружающих звуков. Эти волосяные клетки возмещают потерю энергии сигнала за счет трения и частично вырабатывают свою собственную энергию. Небольшое количество такой энергии оказывается избыточным, поэтому ее можно обнаружить с помощью чувствительного микрофона, подключенного к компьютеру. Отоакустическая ремиссия является ответом структуры улитки, регистрируемым в виде акустической энергии, и служит индикатором физиологического состояния биомеханики базальной мембраны. Все эти сообщения послужили подтверждением предложенной еще в 1948 г. Т. Gold теории об активном микромеханическом процессе, способствующем частотной избирательности улитки внутреннего уха. Меняя соотношение частот стимулирующих тонов, можно получить информацию о сохранности функции волосковых клеток любого участка базальной мембраны улитки. Отоакустическая эмиссия – это очень точный, безопасный, и безболезненный тест на выявление дефектов восприятия звуковой информации.

Таким образом, всестороннее обследование больных с применением современной аппаратуры позволяет решать многие диагностические и экспертные вопросы, а также проводить научные исследования на самом современном уровне, в соответствии с существующими мировыми стандартами.

Список литературы

1. Пфальц Ц.Р. Головокружение при патологических изменениях в области шеи. В кн.: Головокружение (ред. М.Р. Дикс, Дж.Д. Худ): Пер. с англ. М.: Медицина, 1987: 313–337.
2. Скют И.А., Лихачев С.А. Системный подход к изучению вестибулярной функции. Журн. ушн., нос. и горл. болезней 1989; 5: 19–26.
3. Скют И.А., Лихачев С.А., Скют М.И. Роль шейной проприоцептивной афферентации в механизмах компенсации вестибулярной дисфункции. Пассивный цервикоокулярный рефлекс при одностороннем поражении лабиринта. Вестн. оториноларингологии 1999; 2: 34–38.
4. Скют И.А., Лихачев С.А., Тарасевич М.И., Туткова Е.В. Вертикальные вестибулоокулярные рефлексы при поражении

центральных отделов вестибулярной системы (сообщение III). Вестн. оториноларингологии 2000; 6: 8–11.

5. Medendorp W.P., van Gisbergen J.A., Pelt S. et al. Context compensation in the vestibuloocular reflex during active head rotations. J. Neurophysiol. 2000; 84: 2904–2917.

6. Roy J.E., Cullen K.E. Vestibuloocular reflex signal modulation during voluntary and passive head movements. J. Neurophysiol. 2002; 87: 2337–2357.

7. Van der Stappen A., Wuyts F.L., van de Heyning P. Influence of head position on the vestibulo-ocular reflex during rotational testing. Acta Otolaryngol. 1999; 119: 892–894.

Modern technologies of the diagnostics of vestibular dysfunction in neurological practice

S.A. Likhachev, O.A. Alenikova

National Research Center of Neurology and Neurosurgery (Minsk, Belarus)

Key words: electronystagmography, videonystagmography, vestibular dysfunction, diagnostic potential

Assessment of vestibular dysfunction is a fine criterion of the functional state of brain systems responsible for spatial comfort. Long-term studies of oculomotor reactions in neurological and otological practice clearly showed nystagmus as an important sign of the CNS disorder. Being an objective, temporal clinical phenomenon, nystagmus is seen visually, it can be easily registered and assessed quantitatively. Most difficult is to detect latent vestibular dysfunction, i.e. cases when nystagmus cannot be

observed on routine neurological examination. The use of special equipment allows to evaluate quantitative and qualitative parameters of nystagmus, especially those not seen visually (dysrhythmia) or hardly registered (amplitude irregularity, nystagmus changes after different functional tests, etc.). Potential and clinical evaluation of modern technologies of the diagnostics of vestibular dysfunction are presented on a number of clinical cases.

Контактный адрес: Лихачев Сергей Алексеевич – докт. мед. наук, проф., рук. неврологического отдела Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии Министерства здравоохранения Республики Беларусь. 220114, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ф. Скорины, д. 24. Тел.: +375 (291) 30-82-10; e-mail: sergeilikhachev@mail.ru

Аленикова О.А. – вед. науч. сотр. неврологического отдела Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии Министерства здравоохранения Республики Беларусь (Минск).