

УДК 616.8

**В.И. Доценко, В.И. Усачёв**

**РИТМИЧЕСКИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ:  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ И ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ  
ЗНАЧЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО НИСТАГМА**

*Обоснована необходимость изучения в клинической практике четырёх типов вращательного нистагма. Сформулирована физиологическая концепция реализации нистагма при активном повороте головы. Определены основные критерии нистагмометрической дифференциальной диагностики периферических и центральных вестибулярных нарушений.*

*Нистагм вращательный; нистагмометрическая диагностика; электронистагмография.*

**V.I. Dotsenko, V.I. Usachev**

**RHYTHMICAL OCULOMOTOR REACTIONS: PHYSIOLOGIC ESSENCE  
AND DIAGNOSTIC IMPORTANCE OF ROTATOR NYSTAGMUS**

*The proof of rotator nystagmus four types clinical investigation necessity was given. Physiologic conception of nystagmus realization in active (voluntary) head movements was formulated. Vestibular peripheral and central disorders nystagmometric differential diagnosis criteria were defined.*

*Rotator nystagmus; nystagmometric diagnosis; electronystagmography.*

**Актуальность проблемы**

Диагностическая ценность спонтанного нистагма общепризнанна. Спонтанный вестибулярный нистагм характеризуется наличием быстрой и медленной фаз, направленностью в сторону наиболее активного лабиринта и совпадением его медленного компонента с тоническим отклонением тела. Признаками центрального поражения служат дизритмия, нарушение фазности (плавающие движения глаз), разнонаправленность спонтанного нистагма [1], совпадение его быстрого компонента с тоническим отклонением тела (синдром дисгармонизации соматических реакций) [1].

Значение же экспериментального вестибулярного нистагма, применяемого для диагностики в клинической практике, некоторыми авторами подвергается сомнению. До сих пор нет определения нистагма, отражающего его физиологическую сущность. В многочисленных дефинициях, констатирующих двухфазность этой глазодвигательной реакции, некоторые исследователи а priori приписывают ей функцию стабилизации зрения во время вращения. В то же время они и их последователи на основе своих экспериментальных данных заявляют о том, что нистагм при сочетании вестибулярной и зрительной стимуляции – это не простая суммация двух реакций, а качественно иная реакция. Отдельные учёные вообще считают нистагм «физиологической бессмыслицей» [2].

Заслуживает особого внимания работа В.А. Филина об автоматии саккад, поставившая под сомнение гипотезу В. McCabe о фрагментирующей роли быстрым компонентом нистагма медленного в результате постепенного повышения активности нейронов ретикулярной формации ствола мозга при распространении через неё афферентных импульсов от ампулярных рецепторов на ядра глазодвигательных нервов. В.А. Филин считает нистагм частным случаем автоматии саккад, со свойственным им постоянством ритма.

Нистагм при клинических вращательных пробах – патофизиологическая реакция, так как она реализуется без участия зрения и проприоцепторов шеи, нарушая естественность взаимодействия афферентных систем. Данная ситуация осложняется ещё и тем, что эта патофизиологическая реакция изучается не у здорового, а у больного человека, то есть при патологии, когда следует вести речь о патологических реакциях.

#### **Этапы и задачи исследования**

**I этап.** Изучить особенности вестибулярного нистагма при синусоидальном вращении.

**II этап. А.** Провести сравнительную оценку вестибулярного (ВН), опто-вестибулярного (ОВН), цервико-вестибулярного (ЦВН) и цервико-опто-вестибулярного (ЦОВН) нистагмов при синусоидальном вращении.

**Б.** Выяснить диагностическое значение этих типов нистагма.

**III этап.** Разработать первый в России аппаратно-программный комплекс для проведения исследования различных типов вращательного нистагма в клинической практике.

#### **Общая характеристика исследования**

Обследовано 277 человек, из них 113 здоровых лиц и 164 больных. Для изучения вращательного нистагма была выбрана синусоидальная программа исходя из того, что она в наибольшей степени соответствует естественным поворотам головы и по данным большинства исследователей, в отличие от вращения по трапециевидной программе, не вызывает торможения (в литературе: «привыкания – habituation» или «угасания») нистагма [3].

#### **Результаты исследования**

**Этап I.** У 78 здоровых лиц в возрасте от 19 до 35 лет (72 мужчины и 6 женщин) изучался вестибулярный нистагм с закрытыми глазами и в светонепроницаемой повязке при синусоидальном вращении в течение 9 мин. на электровращающемся кресле с устройством числового программного управления 2P32. Вращательный нистагм регистрировался битемпорально с помощью усилителя биопотенциалов переменного тока с постоянной времени 5 секунд и АЦП с частотой дискретизации сигнала 70 Гц непосредственно в ПЭВМ. После регистрации посредством специальной программы проводилась компьютерная обработка нистагма. Синхронно регистрировался график скорости вращения кресла. Параметры стимуляции: амплитуда –  $180^{\circ}$ , период – 10 с, максимальная скорость –  $50^{\circ}/с$ .

В процессе длительного вращения у 71 испытуемого произошло уменьшение количества нистагменных циклов в среднем на 75,34 %, скорости медленного компонента (СМК) нистагма – на 46,72 % и скорости быстрого компонента (СБК) нистагма – на 67,18 % ( $p < 0,001$ ).

Кроме того, у 24-х испытуемых отмечалось исчезновение вестибулярного нистагма на 1-5 минутах вращения. В пяти случаях после этого он больше не возобновлялся. У пятнадцати испытуемых нистагм периодически исчезал, появлялся вновь, преобразовывался в тоническую реакцию противовращения глаз, появлялся вновь на фоне последней в виде отдельных нистагменных циклов. У четырёх человек после описанных выше циклических изменений с 3-5 минуты до конца эксперимента наблюдалась только тоническая реакция противовращения глаз.

Важной особенностью вестибулярного нистагма при синусоидальном вращении явилась также выявленная нестабильность асимметрии СМК и СБК. Установленное нами торможение вестибулярного нистагма при синусоидальном вращении согласуется с данными японских исследователей. Преобразование нистагма в тоническую реакцию противовращения глаз выявлено впервые. Эти феномены

мы расценили как следствие нефизиологичности нистагменной реакции при пассивном вращении человека и устранении зрительной афферентации.

Нестабильность асимметрии вестибулярного нистагма вполне объяснима следовыми процессами в ЦНС, которые ещё Роберт Барани назвал «детонацией» в нервных центрах, а также имеющими место при этом фазовыми процессами в ЦНС. Причиной этих явлений может служить как нефизиологичность воздействия при вращении по трапециевидной программе, так и рассогласование функционирования афферентных систем при пассивном вращении с закрытыми глазами по любой программе, в том числе синусоидальной [4].

**Этап II-А.** Указанные выше обоснования количественных и качественных изменений вестибулярного нистагма при синусоидальном вращении послужили поводом для проведения сравнительного исследования нистагмов при различном сочетании взаимодействия афферентных систем: цервико-опто-вестибулярного (ЦОВН) при естественных поворотах головы с открытыми глазами, опто-вестибулярного (ОВН) при пассивном вращении на кресле с открытыми глазами, цервико-вестибулярного (ЦВН) при естественных поворотах головы с закрытыми глазами и вестибулярного (ВН) при пассивном вращении с закрытыми глазами.

Исследование проводилось на 35 здоровых мужчинах в возрасте 18-25 лет. Параметры синусоидальной стимуляции: прерывистое вращение на кресле или повороты головы вправо и влево (по 3 полных цикла с интервалом между полупериодами вращения 5 с) с амплитудой  $120^{\circ}$ , полупериодом 3 с и максимальной скоростью  $50^{\circ}/с$ .

Возрастание значений всех параметров нистагменного цикла происходило с увеличением количества афферентных систем, участвующих в реализации нистагма. В наибольшей степени этому способствует зрительная афферентация. Вестибулярный нистагм обладает самыми низкими значениями всех параметров (табл. № 1). Статистическая значимость различия между соответствующими параметрами нистагмов  $p < 0,001$ , за исключением амплитуды быстрого компонента ЦВН/ВН ( $p > 0,05$ ).

Таблица 1

**Значения параметров нистагменного цикла различных типов вращательного нистагма (А – амплитуда, Д – длительность, С – скорость; МК – медленного, БК – быстрого компонентов; НЦ – нистагменного цикла)**

Параметры (П+Л)/2	Типы нистагма			
	ЦОВН	ОВН	ЦВН	ВН
АМК, °	15,14±0,07	13,02±0,05	10,60±0,11	9,19±0,15
АБК, °	13,67±0,08	12,61±0,05	9,49±0,13	9,16±0,16
ДМК, с	0,23±0,001	0,28±0,002	0,33±0,01	0,52±0,02
ДБК, с	0,11±0,001	0,09±0,001	0,14±0,01	0,19±0,01
ДНЦ, с	0,34±0,002	0,37±0,002	0,49±0,01	0,75±0,04
СМК, °/с	71,36±0,15	52,32±0,13	49,24±0,22	23,62±0,44
СБК, °/с	133,64±0,78	152,86±0,51	86,87±1,19	77,44±1,69

Приведённые результаты свидетельствуют о том, что ни при одном типе нистагма нельзя говорить о слежении во время медленного компонента, так как при ЦОВН и ОВН СМК больше максимальной скорости вращения, а при ЦВН и особенно ВН – существенно меньше. Да и о каком слежении можно говорить при ЦВН и ВН, когда глаза закрыты? Этот вопрос будет обсуждён ниже.

Коэффициенты асимметрии СМК были наибольшими при ВН –  $19,26 \pm 1,11$  и наименьшими при ЦОВН –  $7,90 \pm 0,55$  ( $p < 0,001$ ). Промежуточные значения отмечены при ОВН и ЦВН.

**Этап П-Б.** Изучена выраженность четырёх типов вращательного нистагма при патологии периферического отдела вестибулярного анализатора у 122 пациентов и при поражении ЦНС у 42 пациентов. Патология периферического отдела вестибулярного анализатора анализировалась у больных отосклерозом (37), хроническим гнойным средним отитом (44), сенсоневральной тугоухостью (28) и невриномой слухового нерва (13). Пациентов с поражением ЦНС представляли больные сирингобульбомиелией (4), церебеллярной атрофией (11), спастической формой паркинсонизма (5), опухолью височной доли мозга (7) и вертебрально-базиллярной сосудистой недостаточностью (15).

У больных отосклерозом после стапедопластики и у больных с обострением хронического гнойного среднего отита показатели всех типов нистагма превышали норму, а у больных хроническим отитом вне обострения, сенсоневральной тугоухостью и невриномой отмечено преобладающее уменьшение выраженности вестибулярного нистагма с умеренным уменьшением выраженности или соответствием норме ОВН, ЦВН и ЦОВН. Важно отметить, что при периферическом поражении параметры всех типов вращательного нистагма изменяются однонаправленно с преобладанием изменений ВН. Для примера приводим значения СМК четырёх типов вращательного нистагма при хроническом гнойном среднем отите после радикальной операции в период обострения – PO1 и вне обострения – PO2, сенсоневральной тугоухостью – СНТ и невриномой слухового нерва – НН (табл. 2).

Таблица 2

**Значения СМК, %с четырёх типов вращательного нистагма при патологии периферического отдела вестибулярного анализатора**

Типы нистагма	Норма (n=35)	Группы пациентов			
		PO1 (n=26)	PO2 (n=18)	СНТ (n=28)	НН (n=13)
ВН	$23,62 \pm 0,44$	$38,16 \pm 2,14$	$17,03 \pm 1,05$	$19,13 \pm 1,73$	$15,99 \pm 1,03$
ЦВН	$49,24 \pm 0,22$	$54,11 \pm 2,38$	$25,14 \pm 1,30$	$46,06 \pm 3,97$	$51,11 \pm 2,31$
ОВН	$52,32 \pm 0,13$	$63,24 \pm 2,88$	$51,96 \pm 2,44$	$52,84 \pm 3,82$	$53,35 \pm 2,50$
ЦОВН	$71,36 \pm 0,15$	$80,47 \pm 3,30$	$65,09 \pm 2,81$	$71,15 \pm 2,95$	$68,62 \pm 3,61$

При сирингобульбомиелии отмечалось выраженное угнетение всех типов вращательного нистагма. Патология мозжечка характеризовалась уменьшением выраженности ВН и ОВН и в меньшей степени ЦВН и ЦОВН. При вертебрально-базиллярной сосудистой недостаточности показатели всех типов вращательного нистагма значительно превышали норму. ВЦН угнетался при органическом поражении спинного мозга, экстрапирамидной системы и коры головного мозга. При поражении височной доли коры мозга в наибольшей степени уменьшалась выраженность ЦОВН.

При исследовании детских контингентов с перинатальным поражением нервной системы (ПП НС) и сформировавшимся на этой почве детским церебральным параличом (ДЦП), используя анализ характеристик лишь одного из видов вращательного нистагма, а именно ВН – как при спокойном положении ребёнка на кресле, так и в варианте модуляции ВН проприоцептивной афферентацией при плаче или рефлекторных вестибуло-моторных реакциях – также была получена полезная для клиники информация. При обследовании ребёнка на первом году

жизни и при последующем в течение трёх лет катамнестическом наблюдении удалось выявить патогномичные нистагмологические признаки, присутствовавшие уже при самых первых обследованиях и указывающие на возможность формирования тяжёлого, инвалидизирующего варианта ДЦП. Клинические же симптомы и анализ рефлекторной сферы ребёнка с ПП НС при его обследовании на первом году жизни, к сожалению, в большинстве случаев не предоставляли возможности определения предикторов инвалидизирующего развития двигательных координаторных функций ребёнка, за исключением явных вариантов тяжёлого морфологического повреждения ЦНС, зачастую несовместимого с жизнью.

Также было установлено, что степень позитивных изменений показателей ВН в процессе возрастного развития ребёнка и непрерывно проводимого восстановительного лечения напрямую зависит от его интенсивности и от того, на каких вертикальных уровнях ЦНС предположительно закрепляется лечебный эффект осуществляемых методов терапии [5].

Описанные изменения типов вращательного нистагма расширяют представления о синдроме дисгармонизации соматических реакций при поражении ЦНС [1].

**Этап III.** Учитывая результаты исследования, научно-медицинской фирмой «Статокин» (Россия) создан *Аппаратно-программный комплекс «Нейро-КМ – Электронистагмограф»*. С его помощью регистрация окулограммы проводится посредством усилителя постоянного тока, а поворотов головы в различных плоскостях пространства – посредством многокомпонентного тахогониометра с отправкой оцифрованной информации через USB-порт непосредственно в компьютер. Программное обеспечение комплекса позволяет регистрировать и анализировать все типы нистагма: спонтанный, позиционный, оптокинетический, калорический, вращательные, а также следящие движения глаз; выполнять любые функциональные пробы и осуществлять автоматизированную обработку нистагмов. Имеется возможность вычислять Коэффициент реактивности (Кр) вращательных нистагмов как отношение максимальной СМК к максимальной скорости вращения или поворота головы (gain – выигрыш) [3, 6].

На этом комплексе получены дополнительные данные о типах вращательного нистагма [7], позволившие сформировать представления о физиологической сущности нистагма.

ВН отличается своей монотонностью. Остальные типы нистагмов в своей быстрой фазе стремятся к повторению графика скорости вращения или поворота головы. В большей степени этот феномен выражен у нистагмов, где присутствует зрительная афферентация – ЦОВН и ОВН.

Если ВН и ОВН начинаются с медленного компонента, то ЦВН и ЦОВН начинаются с быстрого компонента. Очевидно, что этот феномен обусловлен наличием шейной проприоцепции при активных поворотах головы.

Коэффициент реактивности ВН составлял  $0,56 \pm 0,01$ ; ЦВН –  $1,03 \pm 0,04$ ; ОВН –  $1,09 \pm 0,05$  и ЦОВН –  $1,35 \pm 0,11$ . Это свидетельствует о том, что при ВН имеет место явный «проигрыш» СМК по отношению к максимальной скорости вращения, а при ЦОВН, когда гармонично функционируют все афферентные системы, – несомненный «выигрыш».

**Резюме.** На основании полученных результатов нами сформулирована физиологическая концепция реализации нистагма при активном повороте головы. Эта реакция расценивается как ориентировочная, направленная на опережающее выведение глаз в сторону предполагаемого объекта, куда поворачивается голова. Она начинается с быстрой саккады в сторону поворота головы, обусловленной шейной афферентацией.

Ни при одном типе нистагма нельзя говорить о слежении или стабилизации взора, так как их СМК не соответствует скорости вращения или поворота головы. Чем меньше афферентных систем принимает участие в реализации вращательного нистагма, тем меньше СМК и СБК.

ВН как патофизиологическая реакция обладает рядом отрицательных качеств, которые необходимо учитывать при проведении исследований. Этими качествами являются торможение нистагма вплоть до исчезновения или преобразования его в тоническую реакцию противовращения глаз, а также выраженная нестабильность асимметрии его показателей. Причиной данных феноменов являются следовые и фазовые процессы в ЦНС в условиях пассивного вращения и отсутствия зрительной и проприоцептивной шейной афферентации. Возможно, что при исследовании ВН вообще не имеет смысла вычислять коэффициенты асимметрии его показателей.

Периферический вестибулярный синдром характеризуется угнетением всех типов вращательного нистагма с преобладающим подавлением ВН. Центральному синдрому присущи различные варианты соотношения выраженности ВН, ЦВН, ОВН и ЦОВН, что отражает синдром дисгармонизации соматических реакций при поражении ЦНС. Для расширения возможности их дифференциальной диагностики целесообразно изучать все типы вращательного нистагма, особенно их Кр, а также другие глазодвигательные реакции.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Благовецкая Н.С.* Отоневрологические симптомы и синдромы. – М.: Медицина, 1990. – 432 с.
2. *Митькин А.А.* Современные проблемы зрительно-вестибулярного взаимодействия // *Успехи физиол. наук.* – 1982. – Т. 13, № 3. – С. 56-57.
3. *Лихачёв С.А.* Вестибуло-окулярные механизмы мозга в клинике некоторых заболеваний нервной системы (физиология, патогенез, семиотика): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Минск, 1995. – 33 с.
4. *Усачёв В.И.* Физиологическая концепция реализации вращательного нистагма и его диагностическое значение: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 1993. – 44 с.
5. *Семёнова К.А., Доценко В.И.* Вестибулометрия и её значение в выяснении патогенеза и прогнозировании течения некоторых заболеваний нервной системы у детей // *Ж. невропатол. и психиатр.* – 1988. – Т. 88, № 8. – С. 32-37.
6. *Baloh R.W., Honrubia V., Yee R.D., Hess K.* Changes in the human vestibulo-ocular reflex after loss of peripheral sensitivity // *Ann. Neurol.*, 1984. – Vol. 16, № 2. – P. 222-228.
7. *Доценко В.И., Усачёв В.И.* Исследование движений глаз в клинической неврологии и нейрореабилитации // *Медицинский алфавит. Больница.* – 2008. – № 1. – С. 10-12.

#### **Доценко Владимир Иванович**

Научный центр здоровья детей РАМН, ООО НМФ «Статокин».

E-mail: statokyn@aha.ru.

119602, г. Москва, а/я 285, НМФ «Статокин», тел.: (495)4308073, (499)1609154.

Отделение восстановительного лечения детей с церебральными параличами, с.н.с., генеральный директор.

#### **Dotsenko Vladimir Ivanovich**

Russian Academy of Medical Sciences, Scientific Medical Company "Statokyn" Co Ltd.

E-mail: statokyn@aha.ru.

P.O. Box 285, Moscow, 119602, Russia, Phone: (495)4308073, (499)1609154.

Scientific Center of Children's Health, Senior Sc. Researcher, General Director.

**Усачев Владимир Иванович**

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова.

E-mail: v.usa@bk.ru.

195426, г. Санкт-Петербург, пр. Косыгина, д. 17, корп. 1, кв. 266, тел.: (812)4008689.

Кафедра оториноларингологии, с.н.с., профессор, д.м.н.

**Usachev Vladimir Ivanovich**

Russian Military Medicine Academy.

E-mail: v.usa@bk.ru.

6, Akademika Lebedeva str., St. Petersburg, 195426, Russia, Phone: (812)4008689.

Professor, Doctor Med. Sc.

УДК 53.004

**В.А. Жорник, Ю.А. Прокопенко**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИЙ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ<sup>1</sup>**

*В работе рассматриваются температурные напряжения, возникающие в двухслойном цилиндре, в котором внутреннее хрупкое покрытие отличается от внешней оболочки термомеханическими постоянными и, в первую очередь, коэффициентами термического расширения. Показано, что если коэффициент термического расширения внутреннего покрытия меньше коэффициента термического расширения внешней оболочки и изделие находится при температуре меньшей температуры нанесения покрытия, то во внутреннем покрытии возникают сжимающие напряжения. Это значительно упрочняет хрупкое внутреннее покрытие. Сравнение расчетных значений прочности покрытия с экспериментальными данными показало их хорошее согласие.*

*Покрытие; осевые и окружные температурные напряжения; коэффициент термического расширения; упрочнение.*

**V.A. Zhornik, Yu.A. Prokopenko**

### **MODELLING OF COVERING PROCESSES ON CONSTRUCTIVE ELEMENTS OF MEDICAL APPARATUSES**

*Temperature stresses arising in a two-layered cylinder in which inner fragile covering differs from the outer one by thermal constants and mostly by thermal expansion coefficients are examined. It is shown that if the thermal expansion coefficient of the inner covering is less than the same of the outer one and the item is at temperature lower than the covering temperature then the compressive stresses arise in the inner covering. This considerably strengthens fragile inner covering. The numeral values comparison with the experimental data shown their good agreement.*

*Covering; axial and hoop temperature stresses; thermal expansion coefficient; hardening.*

Элементы конструкций различных медицинских приборов часто представляют собой соединения из материалов с различными термомеханическими постоянными (модули упругости, коэффициенты Пуассона, коэффициенты термическо-

---

<sup>1</sup> Работа одного из авторов, Жорник В.А., выполнена при поддержке гранта «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE) Министерства образования и науки Российской Федерации и Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) (код проекта Р.Н.П. 2.22.3.10012).