



**ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ
КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО СВЕТОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПРИ СЛОЖНОМ ХАРАКТЕРЕ НИСТАГМА**

*Д.А. Усанов, Т.П. Кащенко, А.В. Скрипаль, И.Э. Рабичев,
Т.Б. Усанова, Е.И. Ячменева, А.М. Горшков, Г.Л. Губкина*

Исследуются сложные колебательные движения глаз при нистагме. Анализируется характер их изменений при периодическом световом воздействии. Установлено, что при наличии сразу обеих соизмеримых по величине составляющих движения (вертикальной и горизонтальной) может наблюдаться одновременное уменьшение амплитуд обеих составляющих или преимущественное подавление одной из составляющих движения при сравнительно небольшом изменении другой.

Введение

Согласно определению, нистагм – быстрые произвольные колебательные движения глаз. Выделяют несколько типов нистагма, в частности: толчкообразный, маятникообразный, ротаторный. Толчкообразный и маятникообразный нистагм характеризуются движением глазного яблока преимущественно вдоль одной координаты (горизонтальный или вертикальный нистагм). В случае ротаторного нистагма движение глазного яблока осуществляется различными группами мышц, ответственными за движение по горизонтали и вертикали. Для анализа наиболее сложным является ротаторный тип нистагма.

На практике для лечения нистагма используют хирургический метод. Суть метода заключается в проведении резекции (иссечении переднего отрезка брюшка) глазодвигательных мышц, содержащих мышечные веретена. Удаление мышечных веретен позволяет уменьшить нервно-импульсное воздействие на мышцу и, соответственно, амплитуду нистагма.

В работах [1–2] сообщалось о возможности частичного или даже полного подавления нистагма при периодическом световом воздействии. Частота и интенсивность светового воздействия, при которых максимальным образом проявлялся этот эффект, подбирались для каждого пациента индивидуально. Наблюдающийся эффект может быть объяснен тем, что патологический сигнал, управляющий движением глазодвигательных мышц, как бы «подавляется» в результате периодического светового воздействия.

Примеры успешной экспериментальной реализации этой идеи были описаны в работах [2, 4, 5] для наиболее распространенных типов нистагма: толчкообразного и маятникообразного. Сеанс светового воздействия с целью лечения проводился в течение 5–7 минут. Подбор частоты светового воздействия осуществлялся перед каждым сеансом. Процедуры проводились ежедневно в течение 10 дней. Курсы лечения повторялись через 3–6 месяцев.

Подавление нистагма у различных пациентов после однократного сеанса сохранялось различное время (от нескольких секунд до нескольких минут), после чего восстановление нистагма обычно происходило до значений амплитуд меньших, чем перед началом сеанса. Результатом повторного проведения процедур было дальнейшее уменьшение амплитуд нистагма и увеличение времени сохранения эффекта подавления.

Предложенный способ лечения нистагма глаз запатентован [6]. Его применение в практике осуществляется в клинике глазных болезней Саратовского государственного медицинского университета, в Московском НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, на кафедре глазных болезней Курского государственного медицинского университета [7–9].

К настоящему времени проведено лечение 36 больных в возрасте от 5 до 14 лет с различным видом нистагма. Из них у 22 пациентов нистагм был толчкообразным, у 9 пациентов – маятникообразным, у 5 – ротаторным. У 30 наблюдавшихся пациентов проявлялся эффект подавления нистагма, при этом уменьшение амплитуды нистагма происходило в $1.2 \div 1.6$ раз. У 19 пациентов острота зрения увеличилась в среднем на 0.1. Отдаленные результаты прослежены у 5 детей. Повторный курс воздействия проводился примерно через 6 месяцев. У 3 пациентов эффект продержался до второго курса; у 2 – примерно 3 месяца. У пациентов с ротаторным нистагмом эффект периодического светового воздействия имел свою специфику.

1. Метод изменения параметров колебательных движений глазного яблока

Патологическое колебательное движение глазного яблока обусловлено поступающим на двигательные мышцы возбуждающим их электрическим сигналом. Исходя из предположения о возможности преобразования света в электрический сигнал, способный подавить сигнал патологического возбуждения, нами было предложено использование светового воздействия на специально подбираемой для каждого пациента частоте.

Как отмечалось выше, в случае ротаторного нистагма движение глазного яблока осуществляется различными группами мышц, ответственными за движение по горизонтали и вертикали [3]. Управление этими группами мышц электрическим сигналом, поступающим от мозга, может осуществляться раздельно. Отсюда могут быть различными и характеристики колебательных движений по горизонтали и вертикали. Поэтому выбор параметров светового воздействия, оптимальных для подавления колебательных движений в горизонтальной плоскости, может оказаться совершенно неприемлемым для подавления колебаний в вертикальной плоскости и наоборот. Ясно, что для рассмотрения движений глазного яблока при ротаторном нистагме необходимо анализировать горизонтальную и вертикальную составляющие движения на нистагмограммах пациентов одновременно.

В большинстве наблюдавшихся случаев движение левого и правого глаз происходит с высокой степенью синхронности. Асинхронность движения глаз может быть связана со сложной неврологической симптоматикой и, тем самым, послужить диагностическим основанием для ее исследования.

Кроме того, нам удалось выяснить, что во время лечебного сеанса нередко происходит изменение колебательных параметров движения глазного яблока. Возможно, при сложном характере нистагма в течении всего лечебного сеанса необходимо проводить корректировку частоты светового воздействия.

Для ротаторного типа нистагма предлагаемый нами метод лечения включал: регистрацию нистагмограммы, внешнее периодическое световое воздействие, изменение частоты светового воздействия, непрерывную регистрацию колебательных параметров движения глаз, непрерывный подбор частоты светового воздействия, при котором происходит уменьшение как горизонтальной, так и вертикальной составляющих движения глаз.

2. Экспериментальная установка для анализа движения глаз при нистагме при наличии внешнего светового воздействия

Для регистрации движений глаз при нистагме использовалась установка, включающая видеоокулограф, схема которой приведена на рис. 1. Одним из основных компонентов установки является генератор импульсов *1* регулируемой частоты, предназначенный для управления световым воздействием. В состав видеоокулографа входит цифровая видеокамера *5*, регистрирующая угловое смещение глаза пациента *2* в глазницах. Голова пациента фиксировалась в специальном держателе *3* для обеспечения неподвижности видеокамеры относительно глазницы. С двух сторон от глаз обследуемого на расстоянии 50 см под углом 45° от линии взора (по горизонтали к нормальям глазных яблок) устанавливали два источника света *4* (60-ватные лампы накаливания), которые выступали в роли раздражителя зрительной системы.

Видеоизображение движущегося глаза вводилось в персональный компьютер *6* через USB порт и анализировалось с помощью специально разработанной программы. Изображение вводилось со скоростью 25 кадров в секунду в формате AVI. Про-

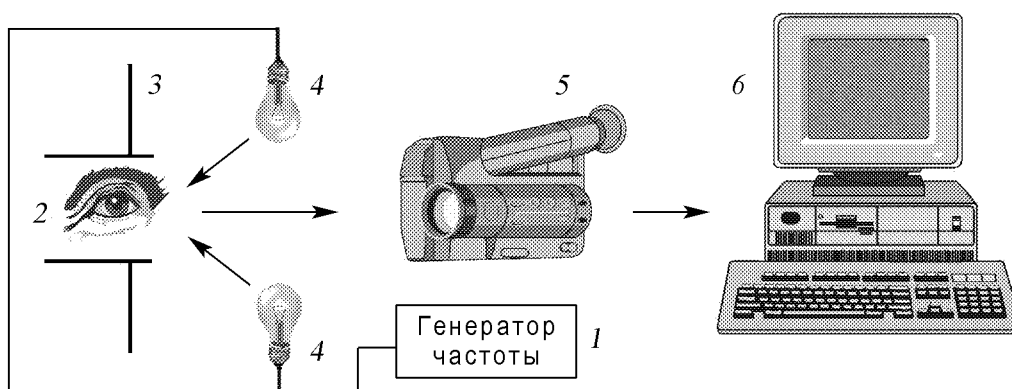


Рис. 1. Схема установки для регистрации колебаний глаз: *1* – генератор регулируемой частоты; *2* – глаз пациента; *3* – держатель головы пациента; *4* – лампы накаливания; *5* – цифровая видеокамера; *6* – компьютер

граммная часть состояла из специализированной программы eumotion.exe, функционирующей в среде Windows XP и осуществляющей анализ введенного изображения в формате AVI. С помощью этой программы определялось положение центра зрачка глаза и осуществлялась запись и спектральный анализ траектории его движения. Результаты анализа сохранялись на носителе информации.

3. Регистрация изменения параметров колебательных движений глазного яблока при подавлении сложного вида нистагма глаз внешним световым воздействием

Исследовался наиболее сложный вид нистагма – ротаторный. Наблюдались 3 пациента детского возраста с таким видом нистагма. Сравнительно малое число обследованных пациентов объясняется тем, что данный вид нистагма встречается сравнительно редко.

«Пациент А», диагноз: ротаторный нистагм, частичная атрофия зрительного нерва обоих глаз, содружественное сходящееся косоглазие. В ходе исследования пациента при отсутствии внешнего светового воздействия среднее квадратическое отклонение амплитуды колебаний в горизонтальной плоскости у правого глаза составляло $X_R = 0.36$ мм, у левого глаза – $X_L = 0.38$ мм (рис. 2, *a*); соответственно

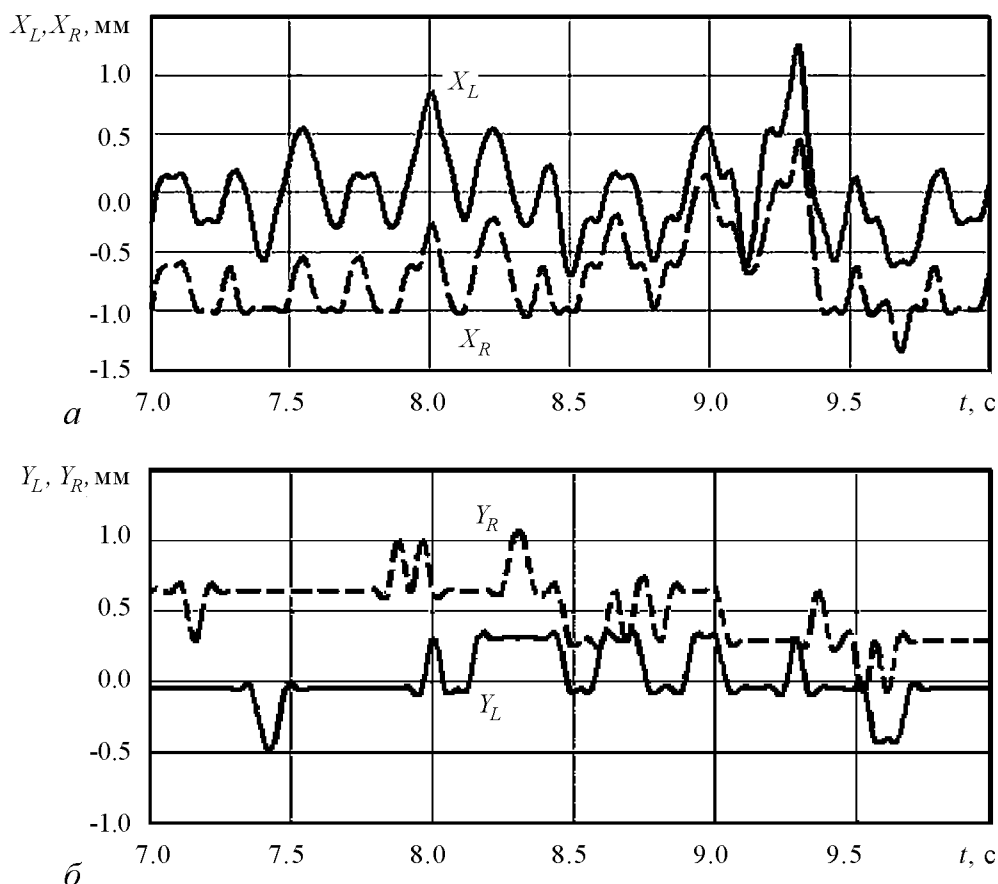


Рис. 2. Фрагмент нистагмограммы «пациента А» в отсутствие периодического светового воздействия: *a* – колебания в горизонтальной плоскости; *b* – колебания в вертикальной плоскости

в вертикальной плоскости – $Y_R = 0.23$ мм, $Y_L = 0.19$ мм (рис. 2, б). Частота колебаний в горизонтальной плоскости составляла в среднем 5 Гц; в вертикальной плоскости наблюдались колебания с частотой около 10 Гц.

При частоте внешнего светового воздействия 2 Гц у «пациента А» наблюдалось изменение характера колебаний глаз, а именно: уменьшение амплитуды колебаний как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях (рис. 3).

Так, среднеквадратические отклонения амплитуд колебаний в горизонтальной плоскости стали равны $X_R = 0.18$ мм, $X_L = 0.23$ мм (рис. 3, а); в вертикальной плоскости среднеквадратические отклонения амплитуд колебаний стали, примерно, одинаковыми $Y_R \approx Y_L \approx 0.1$ мм (рис. 3, б).

Отметим, что частота колебаний в горизонтальной плоскости при этом практически не изменилась (около 5 Гц). Такой результат светового воздействия может свидетельствовать о том, что для эффективного подавления колебаний в горизонтальной плоскости, возможно, требуется одновременно воздействие светом большей интенсивности и индивидуальный подбор частоты воздействия.

Следует отметить, что в данном случае наблюдался ряд интересных подробностей, таких как несовпадение характера движения правого и левого глаза в вертикальной плоскости (см. рис. 2, б) и разный период колебаний правого и левого глаза в горизонтальном направлении (см. рис. 3, а). Такие особенности нистагмограмм могут быть связаны с наличием косоглазия у пациента, что, безусловно, имеет важное диагностическое значение.

«Пациент Б», диагноз: врожденный ротаторный нистагм, смешанный астигматизм. При отсутствии внешнего светового воздействия получены нистагмограммы, которые приведены на рис. 4. Среднеквадратические отклонения амплитуд колебаний в горизонтальной плоскости составляли $X_R \approx X_L \approx 0.3$ мм, а частота 7.5 Гц (рис. 4, а); в вертикальной плоскости наблюдались, соответственно, колебания со среднеквадратическими отклонениями амплитуд $Y_R = 0.36$ мм и $Y_L = 0.35$ мм.

При наличии внешнего светового воздействия (частота светового воздействия 4 Гц) у данного пациента амплитуда и частота колебаний глаз в горизонтальной плоскости не изменилась (рис. 5, а). Однако характер вертикальных колебаний глаз пациента изменился (рис. 5, б): колебания потеряли скачкообразный характер, амплитуда колебаний в вертикальной плоскости снизилась в среднем до уровня $Y = 0.21$ мм.

На рис. 6 приведены траектории движения глаз «пациента Б» в отсутствие внешнего светового воздействия (а) и при изменении амплитуды нистагма глаз в

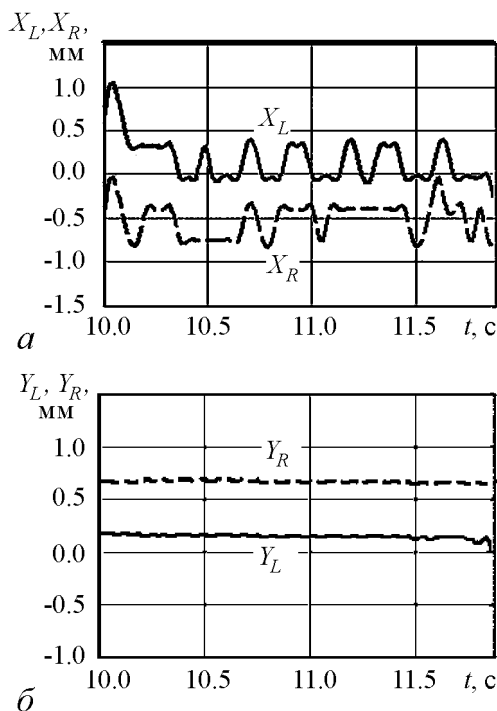


Рис. 3. Фрагмент нистагмограммы «пациента А» при частоте светового воздействия 2 Гц: а – колебания в горизонтальной плоскости; б – колебания в вертикальной плоскости

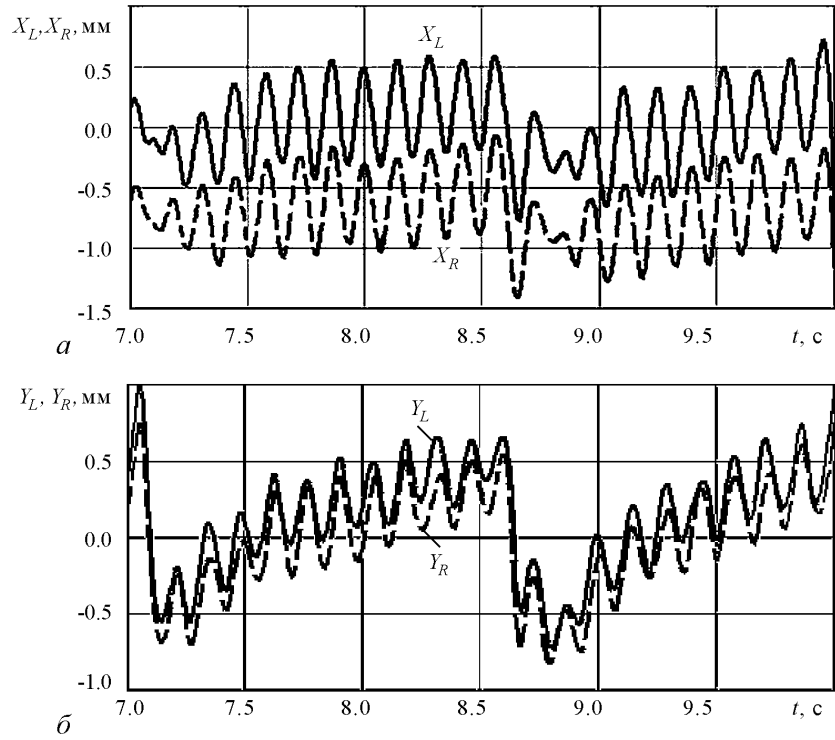


Рис. 4. Фрагмент нистагмограммы «пациента Б» в отсутствие внешнего светового воздействия: *a* – колебания в горизонтальной плоскости; *б* – колебания в вертикальной плоскости

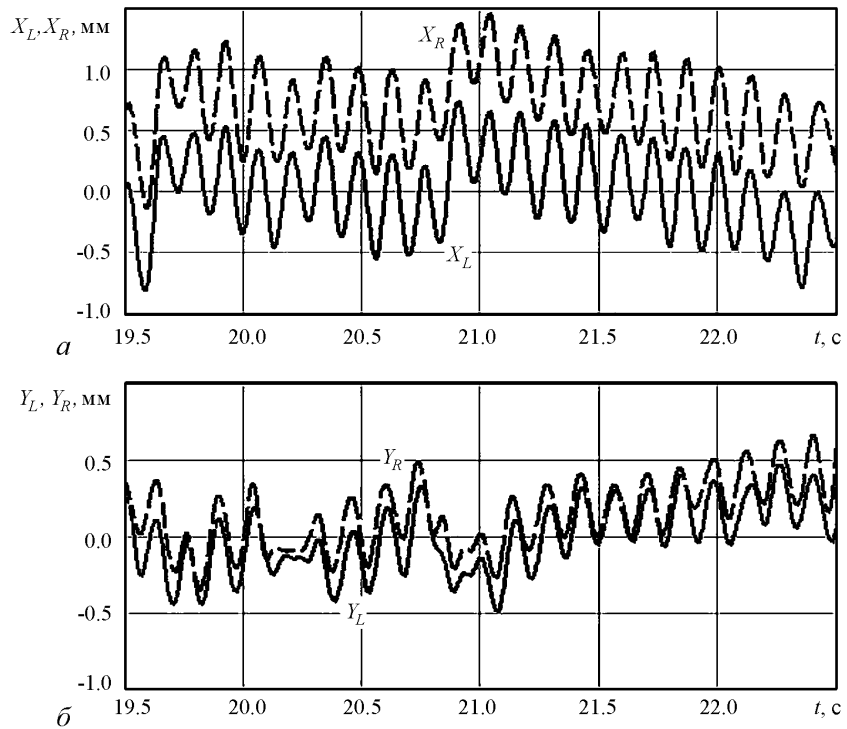


Рис. 5. Фрагмент нистагмограммы «пациента Б» при периодическом внешнем световом воздействии с частотой 4 Гц: *a* – колебания в горизонтальной плоскости; *б* – колебания в вертикальной плоскости

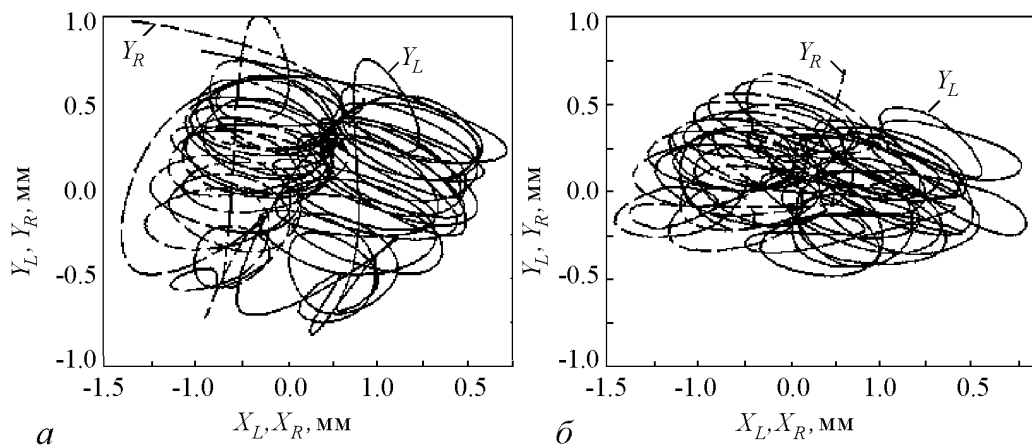


Рис. 6. Траектории движения глаз «пациента Б»: *a* – в отсутствие внешнего светового воздействия; *б* – при периодическом внешнем световом воздействии с частотой 4 Гц

процессе внешнего светового воздействия (*б*), наглядно иллюстрирующие характер изменения нистагма.

«Пациент В», диагноз: врожденный ротаторный нистагм, смешанный астигматизм. При исследовании среднеквадратические отклонения амплитуд колебаний в горизонтальном направлении составляли $X_R = 0.52$ мм, $X_L = 0.57$ мм (рис. 7, *a*); в вертикальном направлении колебания глаз были существенно меньше, соответственно, $Y_R = 0.12$ мм, $Y_L = 0.13$ мм (рис. 7, *б*).

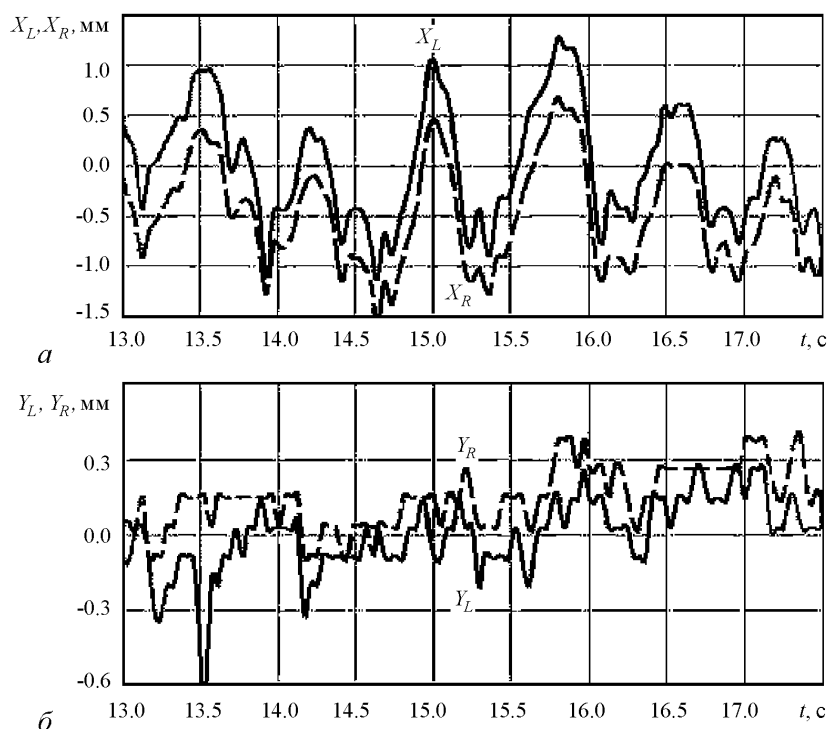


Рис. 7. Фрагмент нистагмограммы «пациента В» в отсутствие внешнего светового воздействия: *a* – колебания в горизонтальной плоскости; *б* – колебания в вертикальной плоскости

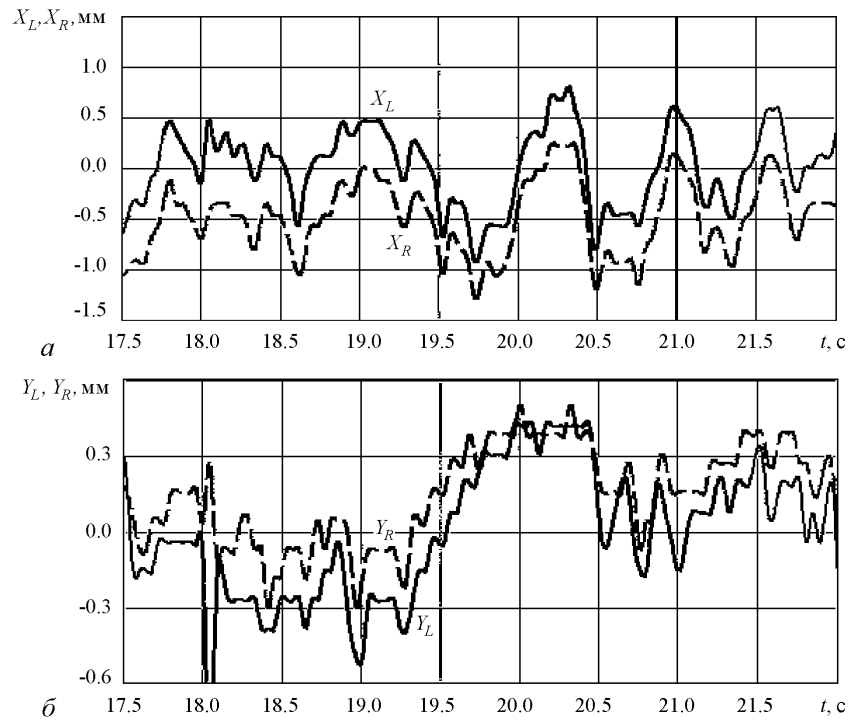


Рис. 8. Фрагмент нистагмограммы «пациента В» левого и правого глаза при внешнем световом воздействии с частотой 5 Гц: *a* – колебания в горизонтальной плоскости; *б* – колебания в вертикальной плоскости

При наличии внешнего светового воздействия с частотой 5 Гц у «пациента В» среднеквадратические отклонения амплитуд колебаний в горизонтальном направлении снизились до значений $X_R = 0.36$ и $X_L = 0.38$ (рис. 8, *a*); в вертикальном направлении среднеквадратические отклонения амплитуд колебаний, наоборот, увеличились и составили величины $Y_R = 0.2$ мм, $Y_L = 0.26$ мм (рис. 8, *б*).

Изменение соотношения горизонтальной и вертикальной составляющей траектории движения глаз при внешнем световом воздействии у «пациента В» иллюстрируется данными, приведенными на рис. 9.

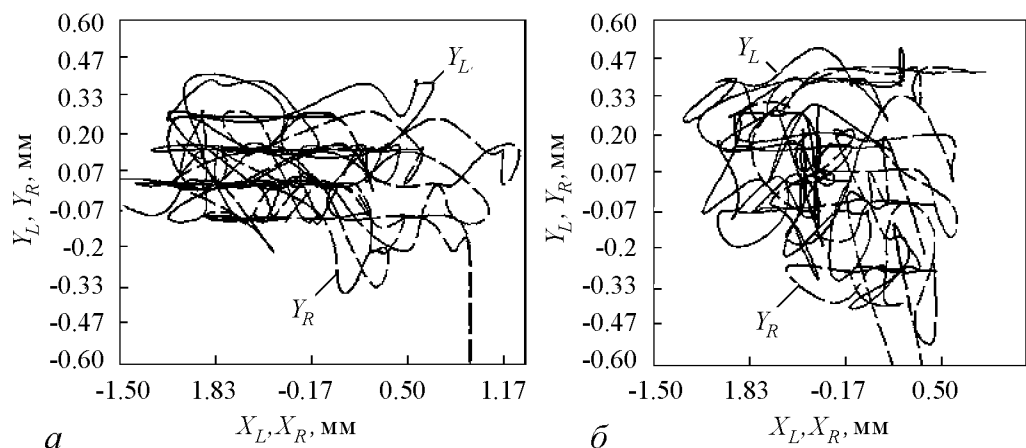


Рис. 9. Траектории движения глаз «пациента В»: *a* – в отсутствие внешнего светового воздействия; *б* – при внешнем световом воздействии с частотой 5 Гц

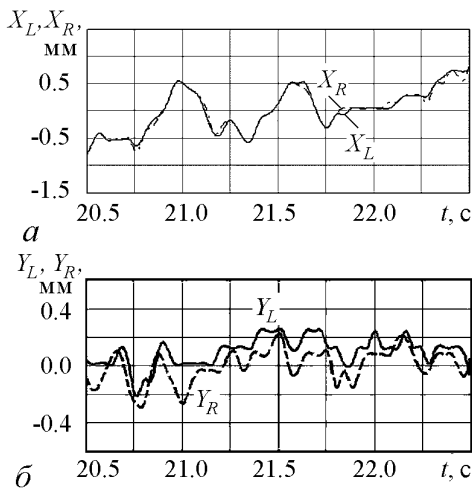


Рис. 10. Фрагмент нистагмограммы «пациента В» левого и правого глаза при внешнем световом воздействии с частотой 6 Гц: *a* – колебания в горизонтальной плоскости; *б* – колебания в вертикальной плоскости

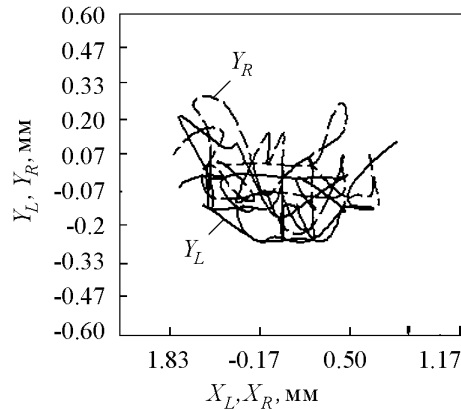


Рис. 11. Траектории движения глаз «пациента В» при внешнем световом воздействии с частотой 6 Гц

Дальнейшие исследования показали, что подбором частоты внешнего светового воздействия можно достичь уменьшения амплитуды нистагма как горизонтальной, так и вертикальной составляющих и в этом случае. В частности, обнаружено, что если для «пациента В» после светового воздействия с частотой 5 Гц повысить частоту до 6 Гц, то наблюдается уменьшение амплитуд как горизонтальной, так и вертикальной составляющих. На рис. 10 приведен фрагмент нистагмограммы «пациента В» при частоте внешнего светового воздействия 6 Гц, на рис. 11 – траектории движения глаз. Как видно из приведенных графиков (ср. рис. 9 и 11), при частоте внешнего воздействия 6 Гц наблюдается уменьшение амплитуды горизонтальной составляющей на 30% и вертикальной составляющей на 28%.

Заключение

Таким образом, установлено, что у пациентов с ротаторным нистагмом, при котором имеются в наличии одновременно как горизонтальная, так и вертикальная составляющие движения, может наблюдаться как одновременное уменьшение амплитуд горизонтальной и вертикальной составляющих колебаний, так и преимущественное подавление одной из составляющих движения при сравнительно небольшом изменении другой.

Показано, что во время лечебного сеанса нередко происходит изменение колебательных параметров движения глазного яблока. Для ротаторного типа нистагма подбор частоты светового воздействия необходимо проводить в течение всего лечебного сеанса.

Приведенные в настоящей работе результаты способствуют выработке рекомендаций по расширению группы больных, для которых имеет перспективу применение предложенной методики.

Библиографический список

1. Усанова Т.Б., Скрипаль А.В., Усанов Д.А., Абрамов А.В. Видеотехнология количественного контроля движения глазного яблока при нистагме // Вестник офтальмологии. 2002. № 4. С. 38.
2. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Усанова Т.Б., Рытик А.П. Изменение характера сердечной деятельности при подавлении нистагма в процессе светового воздействия // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2006. Т. 14, № 6. С. 54.
3. Гиппенрейтер Ю.Б. Движения человеческого глаза. М.: Изд-во Моск. ун-та., 1978. 256 с.
4. Усанов Д.А., Кащенко Т.П., Скрипаль А.В., Рабичев И.Э., Усанова Т.Б., Абрамов А.В., Ячменева Е.И., Губкина Г.Л. Влияние периодических световых воздействий на параметры нистагма глаз // Вестник офтальмологии. 2004. № 5. С. 42.
5. Усанов Д.А., Кащенко Т.П., Скрипаль А.В., Рабичев И.Э., Усанова Т.Б., Абрамов А.В., Ячменева Е.И., Губкина Г.Л. Эффект уменьшения амплитуды нистагма у детей при периодическом световом воздействии // Вестник офтальмологии. 2006. № 5. С. 21.
6. Патент РФ № 2288676. Способ лечения нистагма глаз / Усанов Д.А., Кащенко Т.П., Скрипаль А.В., Рабичев И.Э., Усанова Т.Б., Ячменева Е.И., Абрамов А.В., Губкина Г.Л. Опубл. 10.12.2006. Бюл. № 34.
7. Усанов Д.А., Кащенко Т.П., Скрипаль А.В., Усанова Т.Б., Ячменева Е.И., Аклаева Н.А., Рабичев И.Э., Губкина Г.Л., Ларина Т.Ю. Возможности метода периодических световых воздействий при лечении оптического нистагма // Труды межд. конф. «Рефракционные и глазодвигательные нарушения», Москва 25–26 сентября 2007. М.: Изд-во «ФГУ Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца», 2007. С. 71.
8. Кащенко Т.П. О тенденциях развития идей Э.С. Аветисова в исследовании бинокулярной зрительной системы в норме и патологии // Труды межд. конф. «Рефракционные и глазодвигательные нарушения», Москва 25–26 сентября 2007 М.: Изд-во «ФГУ Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца», 2007. С. 33.9–33.14.
9. Баранов В.И., Землянских Л.Г., Брежнев А.Ю., Иваненко И.Ю. Клиническая эффективность биоуправляемой светостимуляции в лечении врожденного нистагма у детей // Труды межд. конф. «Рефракционные и глазодвигательные нарушения», Москва 25–26 сентября 2007 М.: Изд-во «ФГУ Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца», 2007. С. 16.

*Саратовский государственный
университет
Московский НИИ глазных
болезней им. Гельмгольца
Саратовский государственный
медицинский университет*

*Поступила в редакцию 25.07.2007
После доработки 12.11.2007*

**CHANGE OF PARAMETERS OF FLUCTUATING MOTIONS
OF EYEBALL AS A RESULT OF PERIODIC LIGHT INFLUENCE
AT DIFFICULT CHARACTER OF NISTAGM**

*D.A. Usanov, T.P. Kashenko, A.V. Skripal, I.E. Rabchev,
T.B. Usanova, I.E. Yachmeneva, A.M. Gorshkov., G.L. Gubkina*

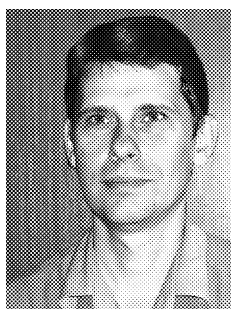
The complex oscillatory movements of eyes at nistagm are investigated. The results of analysis of difficult fluctuating motions of eyes at nistagm and character of changes at periodic light influence are resulted. The type of nistagm for patients, at which present simultaneously both horizontal and vertical motions, it's described.



Усанов Дмитрий Александрович – родился в 1943 году, доктор физико-математических наук, профессор, проректор по НИР СГУ, заведующий кафедрой физики твердого тела, академик МАН ВШ, РАЕН. Область научных интересов: твердотельная, микро- и наноэлектроника, радиофизика, медицинская физика. Опубликовал более 200 статей по указанным выше направлениям.



Каиценко Тамара Павловна – родилась в 1938 году, доктор медицинских наук, профессор, окончила 1-й Московский медицинский институт им. Сеченова (1957). Защитила докторскую диссертацию (1979) по патологии бинокулярного зрения. Член редколлегии Российского Педиатрического журнала. Область научных интересов: офтальмология, физиология зрения. Опубликовано более 120 работ по указанным выше направлениям.



Скрипаль Анатолий Владимирович – родился в 1960 году, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики СГУ. Область научных интересов: биомедицинская физика, лазерная физика, физика магнитных жидкостей, нанотехнологии. Опубликовал более 100 статей по указанным выше направлениям.



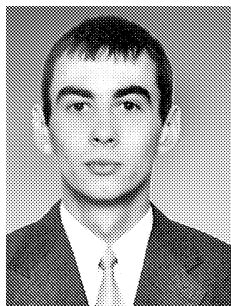
Рабичев Игорь Энгелевич – родился в Иркутске (1953). Окончил Иркутский государственный университет (1975). Биолог, преподаватель биологии химии. Работал в Иркутском государственном университете. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук (1984) в области физиологии зрения и диссертацию на соискание ученой степени доктора биологических наук (1998) в области физиологии и патологии зрения по специальностям нормальная физиология зрения и глазные болезни. Один из авторов монографии «Информационные модели функциональных систем» (под общей редакцией проф. К.В. Судакова и проф. А.А. Гусарова. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. 304 с.). Имеет 97 научных публикаций.



Усанова Татьяна Борисовна – родилась в 1947 году, кандидат медицинских наук, врач высшей категории Клиники глазных болезней Саратовского государственного медицинского университета. Область научных интересов: офтальмология, медицинская физика. Имеет более 20 работ по офтальмологии.



Яценева Елена Ивановна – родилась в 1956 году. Окончила 1-й Московский медицинский институт им. Сеченова (1983). Защитила кандидатскую диссертацию (1994) по глазовдвигательной патологии. Область научных интересов: офтальмология, физиология зрения. Имеет более 50 работ по указанным выше направлениям.



Гориков Александр Михайлович – родился в 1983 году в Саратове, окончил физический факультет Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского (2005). Аспирант кафедры физики твердого тела физического факультета СГУ. Имеет ряд статей по компьютерной диагностике и лечению нистагма глаз. Область научных интересов - медицинская физика.



Губкина Галина Леонидовна – родилась в 1959 году, кандидат медицинских наук, окончила Хабаровский медицинский институт. Защитила кандидатскую диссертацию (1993) по лазерной стимуляции при миопии. Область научных интересов: близорукость, физиология зрения. Имеет более 40 работ по указанным выше направлениям.