

ного датчика стока. Во всех пробах готового продукта в эритроцитарной массе в физиологическом растворе уровень гематокрита превышал 55 %, гемолиз был менее 2 %. Отмытая кровь во всех экспериментах соответствовала требованиям технического регламента [7] и оказалась пригодной для планируемых в дальнейшем переливаний.

Работа выполнена ЗАО «НТЦ ЭЛИНС».

Список литературы:

1. Горобец Е.С., Громова В.В., Буйденко Ю.В. и др. Интраоперационная аппаратная реинфузия эритроцитарной массы как метод кровесбережения // Росс. журн. анест. и интенс. тер. 1999. № 2. С. 71-81.
2. Дементьева И.И. Преимущества, опасности и перспективы использования аутологичной крови при операциях аортокоронарного шунтирования // Анест. реан. 1997. № 1. С. 87-89.
3. Ермолов А.С., Сахарова Е.А. Способ интраоперационной аппаратной реинфузии аутокрови / Патент РФ № 2232031.

4. Selyanko I.N., Medvedeva E.V., Epishin E.V. Blood Level Sensor Based on Digital Video Analyzer for Autotransfusion Devices // Biomedical Engineering. 2014. 48 (3). PP. 116-119.
5. Operator's Manual COBE® B RAT® 2 Baylor Rapid Autologous System. Software Version 1.22.- 1995/11.
6. Партигулов С.А., Водясов В.Д., Бурмистрова И.В., Розенблит Г.И. Первый отечественный аппарат для аутогемотрансфузии «АГАТ». Опыт применения в кардиохирургии / ФГУ РКНПК Росздрава, Москва, 2006 г.
7. Инструкция по применению компонентов крови / Утверждена Приказом МЗ РФ № 363 от 25.11.2002 г.

*Игорь Николаевич Селянко,
начальник отдела 23,
Элина Валерьевна Медведова,
инженер-электроник,
ЗАО «НТЦ ЭЛИНС»,
г. Зеленоград, г. Москва,
e-mail: selyanko@elins.ru*

Т.Б. Усанова, А.Э. Постельга, А.А. Дорошенко, С.Б. Радевич, Д.А. Усанов

Контроль эффективности лечения косоглазия при тренировке глазодвигательных мышц

Аннотация

Исследовано влияние тренировки глазодвигательных мышц у пациентов с косоглазием в ходе тренировки и по ее итогам, и оценено изменение эффективности функционирования соответствующих глазодвигательных мышц с помощью методов видеоокулографии. Результаты исследований свидетельствуют о возможности корректировки лечения косоглазия путем тренировок с использованием предложенной методики контроля.

Введение

Распространенные методы лечения косоглазия основаны на инвазивном вмешательстве в работу глазодвигательных мышц [1]. Для уменьшения косоглазия и его лечения применяют также неинвазивные методы, основанные на использовании тренировки глазодвигательных мышц. Для регистрации движения глазного яблока, в том числе при косоглазии, можно использовать методы компьютерной видеоокулографии [2], [3]. В связи с этим представляет интерес исследовать результат влияния тренировки глазодвигательных мышц у пациентов с косоглазием в ходе тренировки и по ее итогам и оценить изменение эффективности функционирования соответствующих глазодвигательных мышц с помощью методов видеоокулографии.

Для лечения косоглазия проводят различные операции на мышцах глаза, ортоптическое лечение, диплоптику в послеоперационном периоде и практикуют последующие послеоперационные тренировки с использованием различных программных комплексов, при которых пациент совмещает цветные символы, циклически перемещающиеся и изменяющие цвета и размеры [4].

Используют также электростимуляцию глазодвигательных мышц при лечении косоглазия у детей, которая включает в себя определение электровозбудимости симметричных глазодвигательных мышц и воздействие сложно модулированным током [5].

К недостаткам этого способа лечения относится то, что он является контактным.

В [6] приведены результаты исследований с помощью компьютерной видеотехнологии колебательных движений глаз у пациентов с различной степенью косоглазия, описана модель колебательных движений глаз при наличии различной степени косоглазия, представленная в виде системы из двух жестко закрепленных (с одной стороны – к глазному яблоку, с другой – к массивному основанию) пружинок.

Однако определение параметров колебаний глазного яблока по этой модели, основанное на сопоставлении теоретического описания и эксперимента, характеризуется недостаточной высокой точностью.

В представленной работе полученные с помощью видеоокулографа фрагменты записи колебательных движений глаз пациентов с косоглазием при слежении за периодическим световым сигналом, движущимся во фронтальной плоскости, анализировались путем представления экспериментально определяемой функции, описывающей движение глаза, с помощью компьютерной программы в виде разложения в ряд Фурье.

Экспериментальная установка

Диагностику проводят с использованием видеоокулографа (рис. 1), в состав которого входят цифровая видеокамера 1, регистрирующая угловое смещение обоих глаз в орбите. Голову пациента 2 (условно изображен глаз) фиксируют в лбно-подбородочном держателе 3. С помощью специально разработанной программы, созданной в *Visual Delphi*, реализуется вывод на экран монитора перемещающегося слева направо и наоборот черного квадрата на белом фоне 4. Пациента просят в течение 20 с наблюдать за положением черного квадрата. Таким образом, глазные яблоки совершают колебательные движения с частотой, не превышающей 1 Гц. С помощью цифровой видеокамеры регистрируют смещение глаз в глазницах. Видеоизображение движущихся зрачков вводят в компьютер 5 через USB-порт видеокамеры, поддерживающей полноформатный ввод видеоматериалов со скоростью 30 кадр/с, и анализируют с применением специально разработанной компьютерной программы под названием *VideoOculograph*, функционирующей в среде Windows XP и осуществляющей анализ введенного изображения. Используя программу *VideoOculograph*, осуществляют фиксацию в реальном масштабе времени положения центра зрачка глаза [7].

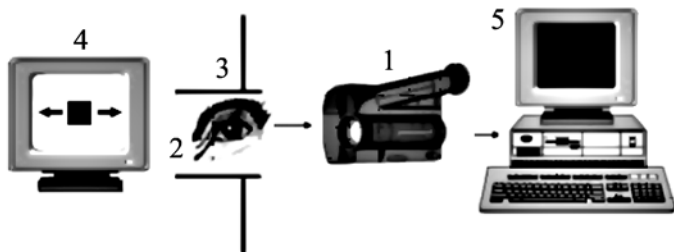


Рис. 1. Схема установки: 1 – цифровая видеокамера; 2 – голова пациента; 3 – лобно-подбородочная опора; 4 – монитор с двигающимся объектом; 5 – компьютер, на который вводят видеоматериалы с видеокамеры

Полученные временные записи колебательных движений в горизонтальной плоскости (вдоль оси ОХ) для левого (X_L) и правого (X_R) глаз при фронтальном взгляде пациента (в горизонтальной плоскости), пример которых представлен на рис. 2а, до тренировки анализировались с помощью Фурье-преобразований. По полученному спектру (рис. 3а) находили отношение

$$O_1 = \sum_{i \neq j} A_i / \sum_i A_i,$$

где $i \neq j$ означает суммирование по всем i , не равным j ; A_i – амплитуда i -й гармоники; A_j – значение максимальной амплитуды в спектре; j – номер гармоники с максимальной амплитудой.

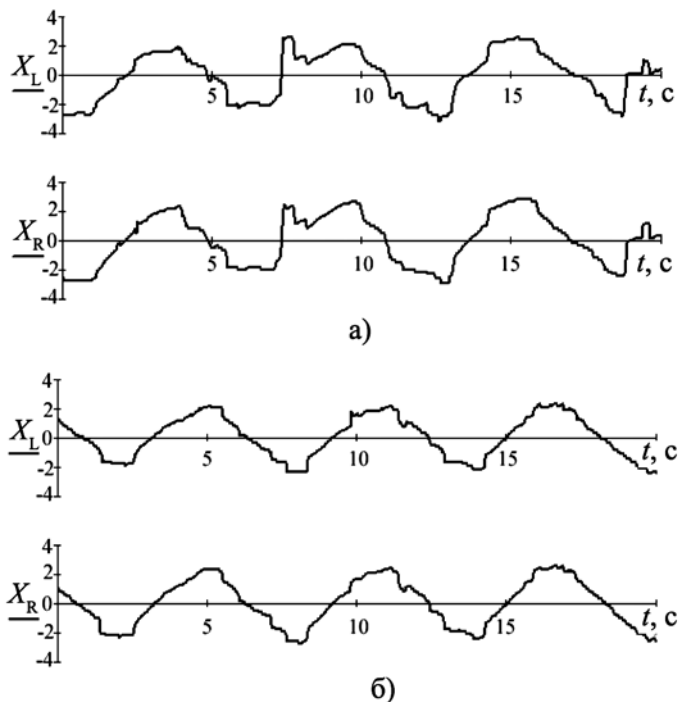


Рис. 2. Фрагмент записи колебательных движений для левого (X_L) и правого (X_R) глаз пациента 2 вдоль оси ОХ (в горизонтальной плоскости) до тренировки (а), после тренировки глазодвигательных мышц (б)

В процессе тренировки пациент следит за периодическим движением изображения черного квадрата, перемещающегося на экране монитора с частотой 0,2 Гц в течение 5 мин, после чего снова производится запись колебательных движений для левого (X_L) и правого (X_R) глаз при фронтальном взгляде пациента 2 вдоль оси ОХ (в горизонтальной плоскости), пример которой представлен на рис. 2б. Эта запись анализировалась с помощью Фурье-преобразований. Результат такого анализа наблюдался на мониторе в виде совокупности спектральных составляющих наблюдаемого сигнала для левого (A_L) и правого (A_R) глаз (рис. 3б). По полученным спектрам движений глаз находили

$$O_2 = \sum_{i \neq j} A_i / \sum_i A_i,$$

где так же, как и в O_1 , $i \neq j$ означает суммирование по всем i , не равным j ; A_i – амплитуда i -й гармоники; A_j – значение максимальной амплитуды в спектре после тренировки; j – номер гармоники с максимальной амплитудой.

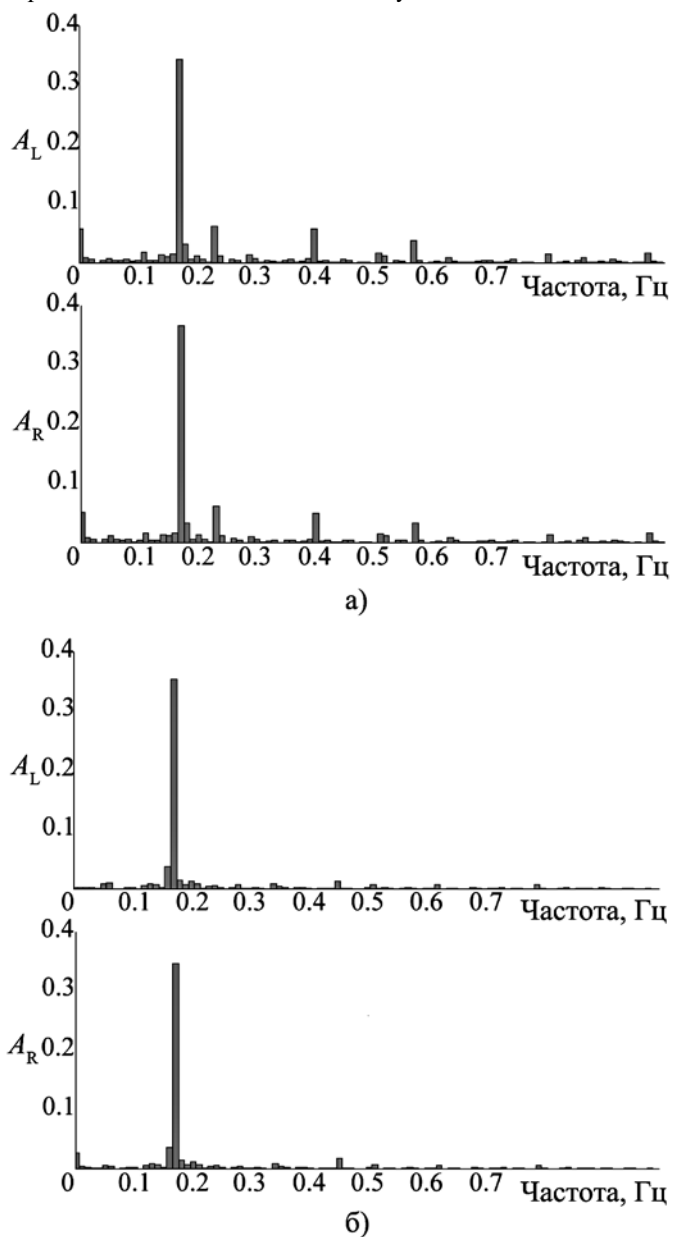


Рис. 3. Совокупность спектральных составляющих сигналов для левого (A_L) и правого (A_R) глаз, представленных на рис. 2, до тренировки (а); после тренировки глазодвигательных мышц (б)

Результаты измерений

В математическом пакете *Mathcad* была разработана программа для расчета количественных характеристик Фурье-спектра. Были зафиксированы траектории движения глаз и угол косоглазия на синоптофоре 30 пациентов: 15 – мужского пола и 15 – женского, в возрасте от 5 до 28 лет, с различными видами содружественного косоглазия, до и после тренировки глазодвигательных мышц с использованием описанной выше методики.

Однократная тренировка проводилась у 19 из 30 пациентов. Уменьшение параметра O после тренировки регистрировалось у 11 пациентов и составляло в среднем 27 %.

В частности, у пациента 15 (диагноз: содружественное расходящееся косоглазие, амблиопия слабой степени OU) пара-

метр O до тренировки для левого глаза составлял 0,527, для правого 0,552, объективный угол косоглазия -16° ; после тренировки параметр O составил для левого глаза 0,518, для правого 0,526, объективный угол косоглазия составил -14° . У пациента 17 (диагноз: оперированное содружественное сходящееся косоглазие OD, сложный гиперметропический астигматизм OU) параметр O до тренировки для левого глаза составлял 0,602, для правого 0,656, объективный угол косоглазия -10° ; после тренировки параметр O составил для левого глаза 0,408, для правого 0,425, объективный угол косоглазия -8° .

Изменения параметров O и объективного угла косоглазия у остальных 8 пациентов не регистрировались либо были слишком малы.

Для 9 из 30 пациентов проводилась тренировка в течение нескольких дней. Положительная динамика (уменьшение параметра O и объективного угла косоглазия) наблюдалась у 6 пациентов. В частности, для пациента 27 (диагноз: нистагм, содружественное сходящееся косоглазие OU) тренировка проводилась в течение 5 дней, за все это время наблюдалось уменьшение параметра O для левого и правого глаз. Объективный угол косоглазия уменьшился после первой тренировки с 2 до 1° . Изменение объективного угла косоглазия с 1 до 0° наступило на 3-й день тренировок. В это время параметр O изменялся с 0,433 до 0,36 для левого и с 0,437 до 0,402 для правого глаз.

В частности, рассмотрим пациента 30 с диагнозом: врожденная анизометропия, сложный гиперметропический астигматизм, рефракционная амблиопия средней степени, сходящееся косоглазие с вертикальным компонентом OS; с острой зрения OS 0,2 и OD 1,0. Произведена рефракционная эксимерлазерная коррекция OS – зрение повысилось до 0,7, но бинокулярного зрения не было из-за косоглазия. До начала тренировок 27.10.2014 г. OU составлял -5° , параметр O составлял для правого глаза 0,591, для левого $-0,566$. После длительных тренировок по описанной методике угол косоглазия уменьшился до 0, -1° по горизонтали с сохранением небольшого вертикального компонента, при этом появилось устойчивое бинокулярное зрение для близи, параметр O составлял для правого глаза 0,473, для левого $-0,491$. Рис. 4, 5 достаточно наглядно иллюстрируют результат тренировок.



Рис. 4. Пациент 30 до начала тренировок 27.10.2014 г. (OU -5°)



Рис. 5. Пациент 30 после проведения ежедневных тренировок 20.01.2015 г. (OU -1°)

Изменения параметров O и объективного угла косоглазия у остальных 3 пациентов не регистрировались либо были слишком малы.

Выводы

Таким образом, показана возможность количественно оценивать результат влияния каждой тренировки глазодвигательных мышц. Продемонстрирован факт установления динамики изменения состояния глазодвигательной системы при косоглазии в результате проведения последовательности тренировок.

Результаты исследований свидетельствуют о возможности корректировки лечения косоглазия путем тренировок при использовании предложенной методики контроля.

По величине параметра O для левого и правого глаз можно сделать вывод о степени воздействия тренировки на пациента: если $O_2 < O_1$, то влияние процедуры лечения положительно, в противном случае следует изменить частоту следования светового сигнала и повторить тренировку световым воздействием, увеличивая частоту воздействия от 0,5 Гц до получения результата $O_2 < O_1$.

Список литературы:

1. Аветисов Э.С. Содружественное сходящееся косоглазие. – М.: Медицина, 1977. 312 с.
2. 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. 38-42.
3. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Усанова Т.Б., Горшков А.М. Особенности характера колебаний глазного яблока при нистагме, сочетанном с косоглазием // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006. № 12. С. 10-15.
4. Марченкова Т.Е. Способ лечения косоглазия / Патент 2281761 РФ, МПК А61К31/185, А61К31/205, А61К31/44, А61К31/52, А61К31/525, А61К38/01, А61М23/00, А61Р27/02; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова Министерства здравоохранения Российской Федерации». 2005100727/14, 14.01.2005.
5. Лобанова Л.С., Гуляев В.Ю. Способ электростимуляции глазодвигательных мышц при лечении косоглазия у детей / Патент 2313375 РФ, МПК А61Н1/36, А61F9/00; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение здравоохранения Детская больница восстановительного лечения «Научно-практический реабилитационный центр «Бонум». 2006115984/14, 10.05.2006.
6. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Усанова Т.Б., Горшков А.М. Анализ вынужденных колебательных движений глаз при косоглазии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2008. № 1-2. С. 99-103.
7. Усанов Д.А., Абрамов А.В., Скрипаль А.В., Усанова Т.Б. Возбуждение оптокинетического нистагма «NystagmProducer» / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ А. с. № 2008610125 РФ, заявл. 02.11.07.

Татьяна Борисовна Усанова,
канд. мед. наук, врач-офтальмолог,

Клиника глазных болезней, Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского,

Александр Эдуардович Постельга,

канд. физ.-мат. наук, доцент,

кафедра физики твердого тела,

Алексей Алексеевич Дорошенко,

аспирант,

кафедра медицинской физики,

Саратовский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского,

Станислав Борисович Радевич,

врач-офтальмолог,

Клиника глазных болезней, Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского,

Дмитрий Александрович Усанов,

д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой,

кафедра физики твердого тела,

Саратовский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского,

г. Саратов,

e-mail: usanovda@info.sgu.ru