

===== ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ =====

Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека

К.В. Голубцов*, И.Г. Куман**, Т.С. Хейло**, Н.А. Шигина***,
В.Г. Трунов*, Э.А.-И. Айду*, Т.А. Быкова****,
П.Д. Софронов*****, А.А. Рябцева*****

* Институт проблем передачи информации РАН, Москва, Россия
** ЗАО МЕДСИ; *** ЦТО; **** ДООУ № 20, г. Дубна Моск. обл.;
***** ЗАО ТЕХНОР, ***** МОНИКИ им. О.В. Владимирского
Поступила в редколлегию 15.08.2003

Аннотация—Зрительное восприятие представляет собой сложный многоуровневый и многоканальный процесс, который начинается с проекции изображения на сетчатке и заканчивается в высших отделах зрительной коры головного мозга. Под влиянием поглощенного света начинается фотохимическая реакция зрительного пигмента сетчатки, которая запускает цепь быстрых биоэлектрических реакций во всем зрительном анализаторе. Нарушение в одном или нескольких звеньях сложной цепи зрительной системы ведет к расстройству функции зрения. Современная диагностика патологических процессов в зрительной системе основана на частотно-временных и частотно-контрастных методиках исследования, в том числе на исследовании критической частоты слияния мельканий [2, 4].

1. ВВЕДЕНИЕ

Под критической частотой слияния мельканий (КЧСМ) понимается минимальная частота прерывистого светового излучения, при которой глаз начинает воспринимать излучение как непрерывное. При малой частоте мельканий пациент видит серию вспышек, с увеличением частоты вспышек появляется ощущение мерцания, вначале грубое, затем тонкое и, наконец, наступает ощущение полной слитности предъявляемого стимула.

Исследования, проведенные Портером, Айвесом и др. в начале прошлого века, показали, что КЧСМ пропорциональна логарифму интенсивности раздражающего света (закон Ферри-Портера):

$$n = a \lg I + b,$$

где I – интенсивность раздражающего света, n – число периодов смены света и темноты в секунду, необходимое для того, чтобы наступило слияние мельканий, a и b – некоторые постоянные, зависящие от цветности луча. В работе [9] отмечалось, что влияние цветности луча незначительно, а определяющим фактором является яркость мелькающего стимула. Однако другие авторы [35] отмечали, что закон справедлив лишь для средних яркостей (в пределах 4 Log ед.); при значительном увеличении интенсивности раздражителя КЧСМ уменьшается, при увеличении площади раздражения (в определенных пределах) – повышается, как и при увеличении яркости. КЧСМ не зависит от остроты зрения и рефракции и характеризует функциональное состояние зрительного анализатора в целом.

Установлено, что световая и цветовая чувствительность на мелькающие стимулы и, соответственно, КЧСМ зависят не только от фотохимических процессов в сетчатке, но и от состояния нейронов второго порядка [11]. В ранних работах по исследованию КЧСМ отмечалось влияние различных заболеваний органов зрения на показания КЧСМ, как в сторону понижения, так и в сторону повышения. В настоящее время установлено влияние на показатели КЧСМ предварительной адаптации, условий измерения (окружающего фона, ореола, случайных засветов периферийных зон сетчатки, удаленных от тестируемых областей, и др.) и побочных раздражителей

(обонятельных, слуховых, вкусовых и температурных), которые также изменяют показатели КЧСМ, как в сторону повышения, так и в сторону понижения.

Установлено, что КЧСМ линейно возрастает с увеличением размеров стимулирующей зоны сетчатки (закон Гранита-Харпета). Для центральных областей этот закон справедлив при размерах стимулирующей зоны, равных 45° . В наших экспериментах при определенных условиях КЧСМ возрастала и на дальней периферии, т.е. вплоть до размеров стимулирующей зоны, равных 60° .

КЧСМ зависит от многих факторов: освещенности и размера тестирующего поля, его места на проекции сетчатки, спектрального состава света, длительности и глубины модуляции стимулов, их количества при многократном предъявлении. Большинство исследователей воздействуют световыми стимулами длительностью 0,5 периода их предъявления. Однако погрешность измерения КЧСМ зависит от длительности светового стимула. В работе [22] предлагается при измерении КЧСМ предъявлять световые стимулы длительностью 1 мс, т.к. при длительности светового импульса менее 1 мс происходит уменьшение интенсивности видимого излучения, что приводит к диагностическим ошибкам.

Следует отметить зависимость КЧСМ не только от методики измерения, но и от физиологического состояния человека [10]. Например, зрительное утомление приводит к значительному снижению КЧСМ [Макштейн, 1932 г.; Снелл, 1933 г.]. Ценность применения метода регистрации КЧСМ для определения зрительного утомления отмечена в работе [15]. КЧСМ также меняется при физической нагрузке и зависит от ее объема и интенсивности. В морской медицине этот метод используется как наиболее доступный для определения утомляемости моряков [14, 22].

2. КЧСМ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

В настоящее время хроматическую импульсную светостимуляцию применяют для диагностики методом КЧСМ и для лечения различных заболеваний сетчатки и зрительного нерва (ЗН). Однако в литературных источниках нет указаний на возможность проведения дифференциальной диагностики на основании данных КЧСМ.

Для понимания физиологических процессов, лежащих в основе работы высокочастотного канала зрительного восприятия хроматических стимулов в норме и при патологии ЗН и сетчатки, мы изучали:

- зависимость КЧСМ при монохроматической стимуляции от возраста здорового человека;
- характер изменения КЧСМ на стимуляцию “зеленый и красный свет“ при начальной инволюционной макулодистрофии (МД) сетчатки;
- эффективность применения импульсной светостимуляции для восстановления зрительной функции при атрофии зрительного нерва (АЗН), МД и дисплейной астигии (ДА).

Согласно Международной классификации [35] зрительные расстройства имеют четыре степени тяжести, для определения которых наравне с параметрами, характеризующими остроту и поле зрения, входит КЧСМ.

Диагностическую ценность метода исследования КЧСМ при патологии сетчатки и ЗН отмечали Филлипс (1933), Granit с соавт. (1983), Захаров и Волкова (1983), Вербельская (1983), Понамарчук (1996), Casson с соавт. (1993), и многие другие, а также в работах [13, 19].

2.1. Диагностическая светостимуляция.

И у взрослых, и у детей КЧСМ в норме составляет 41-45 Гц [8, 20, 21]. Однако следует отметить, что по данным Голубцова К. В. с соавторами (1997), а также работы [12], эти показатели характерны только для макулярной зоны сетчатки при центральном предъявлении стимула. После 40 лет КЧСМ начинает снижаться в среднем на 0,2 Гц в год, достигая к 70 годам уровня 38 Гц [32].

По данным Пивоварова [19], у больных с непрозрачными оптическими средами (катаракта, бельма роговиц, катаракта в сочетании с глаукомой различных стадий) при катаракте без патологии сетчатки и ЗН КЧСМ составляет от 38 до 42 Гц; при сочетании катаракты с глаукомой была отмечена зависимость КЧСМ от степени патологических изменений. Так, при далеко зашедшей глаукоме КЧСМ колебалась от 20 до 28 Гц, а при абсолютной – составляла 12-14 Гц.

Относительно нормальных показателей КЧСМ в современной литературе имеются противоречивые данные. Большинство авторов установило, что для центральной зоны сетчатки (5°) КЧСМ составляет 40-45 Гц, для парацентральной зоны (10°-20°) – возрастает до 55 Гц и для крайней периферии – снижается до 35-40 Гц. По данным других авторов КЧСМ для крайней периферии составляет 60 Гц и выше. Вследствие отсутствия стандартизации метода и аппаратуры для определения КЧСМ нормативные данные в разных лабораториях существенно отличаются. В традиционном варианте использования метода предъявляется один стимул центральной локализации, воспринимаемый главным образом макулярной областью сетчатки. В настоящее время установлено, что при предъявлении стимула в угловом диапазоне от 10° до 55° КЧСМ пропорциональна логарифму углового размера поля зрения и возрастает к периферии сетчатки на 10-15 Гц.

При центральном предъявлении показатели КЧСМ для зеленого стимула в норме на несколько Гц выше, чем для красного стимула. Это связано с тем, что в центральной ямке сосредоточены красно-чувствительные колбочки, а в парацентральной зоне – в основном зеленые колбочки.

В табл. 1 представлены средние значения и диапазоны изменения КЧСМ при различных патологиях зрительной системы. Эти данные взяты из описания прибора "СВЕТО-ТЕСТ" фирмы ОКУЛЮС. Они основаны на измерениях КЧСМ для нескольких тысяч пациентов.

Таблица № 1.
Средние значения и диапазоны изменения КЧСМ при некоторых патологиях

Диагноз	Острота зрения			Диапазон изменения КЧСМ
	<0,1	0,1 ÷ 0,5	0,6 ÷ 1	
Норма	–	–	43	40 ÷ 45
Катаракта	40	40	40	36 ÷ 45
Заболевание сетчатки	31	34	38	28 ÷ 41
Ретикулярный неврит	19	25	32	15 ÷ 36
АЗН	22	29	31	18 ÷ 35
Нарушение кровообращения в ЗН	20	26	31	18 ÷ 35
Застойный диск ЗН	–	–	36	32 ÷ 40
Глаукома 1 ст.	35	35	36	32 ÷ 40
Глаукома 2 ст.	29	29	29	26 ÷ 32
Глаукома 3 ст.	21	22	23	17 ÷ 26
Глаукома 4 ст.	14	–	–	12 ÷ 16

Клиническая картина поражения зрительной системы складывается, в основном, из трех компонентов: офтальмологической картины, снижения остроты зрения (ОЗ) и изменения поля зрения.

Снижение ОЗ является универсальным признаком многих расстройств зрительной системы. Для топической диагностики из всех психофизиологических методов превалирующее значение имеет исследование поля зрения с помощью компьютерной автоматической статической периметрии сетчатки с on- и off-центрами. Пространственные составляющие этого процесса зависят

от возбуждательного и тормозного взаимодействия на уровне не только сетчатки глаза, но и центральных структур зрительного анализатора. Поэтому КЧСМ является критерием оценки активности многих процессов: электрофизиологических, энергетических, метаболических, биохимических и т.д.

У здоровых испытуемых определяли КЧСМ и выявляли ее зависимость от возраста пациентов. Все испытуемые были разделены на пять возрастных групп: группа А – младше 20 лет; группа Б – от 21 до 30 лет; группа В – от 31 до 40 лет; группа Г – от 41 до 50 лет; группа Д – старше 50 лет. Пациенты со зрительными расстройствами были обследованы традиционными методами в Центре терапевтической офтальмологии. Все испытуемые были разделены на пять диагностических групп. В первую группу вошли 25 человек (50 глаз) с ДА; все пациенты этой группы – преимущественно люди, работающие с компьютером – предъявляли жалобы на головные боли и снижение зрения при интенсивной зрительной нагрузке. Вторую группу составляли 29 пациентов (51 глаз) с первичной начальной МД; третья группа – 44 пациента (52 глаза) с посттравматической частичной АЗН; четвертая группа – 26 пациентов (46 глаз) с начальной и развитой стадией глаукомы (ГОН-1); пятая группа – 15 пациентов (19 глаз) с далеко зашедшей стадией глаукомы (ГОН-2). Внутриглазное давление у пациентов с глаукоматозной оптической нейропатией (ГОН) компенсировано хирургическим и/или медикаментозными методами. Всего в анализ вошли данные по КЧСМ при стимуляции красным, зеленым и синим светом у 139 пациентов (218 глаз).

Определение КЧСМ проводили с помощью приборов "КЧСМ", "Радуга-3" и аппаратно-программного комплекса "Виртуальная Офтальмологическая Интернет Клиника", созданного Студией "Metesk" с использованием методики, разработанной в Институте проблем передачи информации Российской академии наук (ИППИ РАН). Светостимуляция осуществлялась с помощью очков (типа защитных) с трехцветными светодиодами, расположенными напротив каждого глаза в центральной зоне. Диаметр светового стимула – 10 мм, зона засвета сетчатки – 60°, дискретность изменения частоты – 0,5 Гц; длительность светового импульса – 10 мсек. Такая длительность стимула была выбрана в соответствии с принятой практикой регистрации локальной электроретинограммы (Л-ЭРГ). Для исследования макулярной зоны на светодиоды надевались насадки для создания стимула не более 6°.

Предварительно проводилась фотометрия трехцветных светодиодов светостимулятора:

Синий кристалл – 5 кд/м.кв.

Зеленый кристалл – 3 кд/м.кв.

Красный кристалл – 7 кд/м.кв.

Показания измерялись фотометром "Mastersix".

Относительное спектральное распределение энергии:

Синий кристалл – 410-520 нм 80%, доминирующая волна – 470 нм

Зеленый кристалл – 530-600 нм 80%, доминирующая волна – 525 нм

Красный кристалл – 600-680 нм 80%, доминирующая волна – 630 нм.

В ходе исследования на испытуемого последовательно (сначала на один глаз, затем на другой глаз) воздействовали импульсами зеленого, синего и красного света, частоту постепенно увеличивали от 15 Гц до 60 Гц. Пациента просили отметить момент полного слияния мельканий. КЧСМ-тест повторяли три раза и учитывали только те данные, которые совпадали при повторном тестировании. Параметры КЧСМ статистически обрабатывали, вычисляли среднеквадратическую ошибку и достоверность различий между средними значениями при уровне значимости 95%.

Данные КЧСМ, полученные у здоровых испытуемых пяти возрастных групп, представлены в табл. 2. Наиболее высокие показатели КЧСМ обнаружены в младшей группе испытуемых – 53,5 Гц на зеленый, 49,5 Гц на красный и 48,6 Гц на синий цвет. В возрастном периоде от 21 до 50 лет у практически здоровых людей КЧСМ снижается незначительно и составляет в среднем $48,0 \pm 0,7$ Гц на зеленый, $45,0 \pm 0,7$ Гц на красный и $44,2 \pm 0,7$ Гц на синий цвет. У пациентов старше 50 лет КЧСМ в норме снижена до 45 Гц на зеленый, 42 Гц на красный и 40,6 Гц на синий цвет.

Разность Δ между данными на стимуляцию зеленым и красным светом составляет 3-4 Гц. Эта разность достоверна во всех возрастных группах, кроме старшей (группа Д), и может служить признаком нормального соотношения между этими диагностическими показателями. Как отмечают некоторые авторы, при стимуляции центральной зоны сетчатки у здорового человека КЧСМ составляет 42-45 Гц на красный свет и 45-55 Гц на зеленый свет, что совпадает с нашими данными. Близкие показатели были получены и у здоровых детей [8, 20].

Таблица 2.

КЧСМ у здоровых испытуемых разных возрастных групп

Группа	Возраст	Количество глаз	КЧСМ (Гц)		Δ
			зеленый свет	красный свет	
А	15,3 ± 1,0	10	53,5 ± 0,8	49,5 ± 0,9	4
Б	25,3 ± 0,6	35	49,0 ± 0,7	45,1 ± 0,6	3,9
В	35,5 ± 0,5	33	48,3 ± 0,7	44,6 ± 0,6	3,7
Г	46,4 ± 0,7	28	47,0 ± 0,6	44,0 ± 0,4	3,0
Д	59,2 ± 5,0	10	44,7 ± 0,7	42,0 ± 0,9	2,7
(А ... Д)	35 ± 1,9	116	48,4 ± 0,7	45,0 ± 0,7	3,4

Примечание: Δ – разность средних значений КЧСМ на зеленый и красный свет. В табл. 2 и далее не представлены результаты исследования КЧСМ на синий цвет, т.к. они практически совпадают с данными КЧСМ на красный цвет.

Показатели КЧСМ у здоровых детей были высокими и составляли 43-46 Гц. Показатели были также нормальными у детей с амблиопией, причем как на здоровом, так и на амблиопичном глазу. Заметное снижение показателей наблюдается у детей с частичной АЗН, в еще большей степени у детей с центральной тапеторетинальной абиотрофией сетчатки Штаргардта. У детей с этим заболеванием отмечено резкое снижение КЧСМ на цветные стимулы: на красный стимул 26,6 ± 0,5 Гц, а на зеленый стимул 27,7 ± 0,6 Гц. Низкие показатели КЧСМ, как правило, связаны с органическими изменениями в макулярной области сетчатки и в зрительном нерве.

В литературе (Фишер, Sampies, 1991) имеются указания на то, что у пожилых людей уменьшение чувствительности к мельканиям коррелирует с возрастом, с нестабильным внутриглазным давлением и с применением сердечно-сосудистых препаратов

Данные КЧСМ у пациентов с офтальмопатологией представлены в табл. 3.

КЧСМ во всех группах пациентов с указанной патологией органа зрения снижена и достоверно отличается от нормативных показателей ($p \leq 0,05$), что согласуется с литературными данными [12, 31]. При зрительном утомлении происходит равномерное снижение КЧСМ на стимулы как зеленого, так и красного света, разность между этими показателями Δ составляет 3,4 Гц и соответствует норме. У пациентов с МД в большей степени снижается чувствительность к красному свету, и за счет этого Δ увеличивается и составляет 6,4 Гц ($p \leq 0,01$).

Таблица 3.

КЧСМ у пациентов с офтальмопатологией

Группа	Количество глаз	КЧСМ (Гц)		Δ
		зеленый свет	красный свет	
Норма	126	48,4 ± 0,7	45,0 ± 0,7	3,4
А	50	41,8 ± 0,4	38,4 ± 0,4	3,4
МД	51	40,4 ± 0,5	34,0 ± 0,5	6,4
АЗН I	46	32,7 ± 0,9	34,2 ± 0,9	-1,5
АЗН II	56	28,6 ± 0,6	31,0 ± 0,5	-2,4

Примечание: А – компьютерная астинопия; МД – макулодистрофия; АЗН I, АЗН II – посттравматическая атрофия зрительного нерва с остротой зрения соответственно 0,2-0,5 и 0,05-0,2.

При АЗН различной этиологии отмечается преимущественное уменьшение КЧСМ на зеленый свет по сравнению с КЧСМ на красный свет, а разность Δ между этими показателями имеет отрицательную величину. При грубой патологии зЗНу пациентов с ГОН-2 снижается КЧСМ

на зеленый свет, что согласуется с данными, приведенными в [1]: нарушение чувствительности к зеленым стимулам на черном фоне проявляется на ранней стадии развития глаукоматозного процесса.

Таким образом, значимым критерием является не только снижение КЧСМ по сравнению с нормой, но и разность Δ между показателями КЧСМ при стимуляции импульсами зеленого и красного света. Снижение КЧСМ в большей степени на красный свет и величина разности Δ более 3-4 Гц свидетельствуют о патологических изменениях в центральной области сетчатки. Если КЧСМ на зеленый свет равна или ниже КЧСМ на красный свет, то можно предположить наличие нарушения функций зрительного нерва вне зависимости от этиологии атрофического процесса.

Показатели КЧСМ не уступают по своей ценности субъективным и объективным данным электрофизиологических методов обследования в дифференциальной диагностике нарушений в центральной зоне сетчатки и функций ЗН.

2.2. Терапевтическая светостимуляция.

Стимулируя сетчатку, мелькающий свет воздействует не только на сетчатку и ЗН, но и на центры, ответственные за движение глаз, и на пути, соединяющие эти центры с мышцами глаз. Еще в 1950 г. Кравков [11] отмечал значительную роль мелькающего света: "Совершенно бесспорно, что зрительные раздражители оказывают и общее влияние на состояние организма в целом. Это влияние "с глаза" осуществляется через анатомические связи, имеющиеся между сетчаткой, с одной стороны, и центрами вегетативной нервной системы и гипофизом – с другой. Подобные связи осуществляются двумя путями. Один путь, более короткий, дается волокнами, идущими из хиазмы в *nucleus supraopticus* – особую клеточную группу, лежащую в передней части 3-го мозгового желудочка, связанную с подбугровой областью (гипоталамусом) и через нее с гипофизом. Существует, по-видимому, и второй путь, ведущий от сетчатки к подбугровой области и гипофизу уже через кору и зрительный бугор. В этой области, как известно, помещаются центры вегетативной нервной системы, влияющие на важнейшие реакции нашего организма (кровенное давление, дыхание, процессы обмена). Гипофиз же является весьма важной железой внутренней секреции, выделяющей ряд гормонов".

Учениками С.В. Кравкова было установлено положительное влияние зеленого света при высоком глазном давлении, эластотонметрическую кривую, легкость оттока внутриглазной жидкости. Так, под воздействием адаптации к зеленому свету отмечалось сужение ангиоскотома слепого пятна и повышение электрической чувствительности и лабильности глаза. В работе [6] было показано положительное влияние зеленого света на ОЗ, периферическое поле зрения и динамику глазного давления у больных первичной открыто-угольной глаукомой (ПОУГ). По данным авторов после стимуляции зеленым светом КЧСМ увеличилась у больных с ПОУГ на красный стимул при I стадии с $40,9 \pm 2,7$ Гц до $46,3 \pm 9,0$ Гц. А, при II стадии – от $39,5 \pm 1,0$ до $52,8 \pm 6,4$ Гц.

Теоретические предпосылки и данные экспериментальных исследований указывают на то, что импульсная светостимуляция в определенной степени ослабляет развитие патологического процесса. В 1991 году А.М. Солдатова в экспериментальных исследованиях показала, что после воздействия импульсного света длиной волны 550 нм в сетчатке происходит активация белкового обмена и процессов гликолиза, вследствие чего светостимуляция усиливает компенсаторно-восстановительные механизмы, ослабляя развитие патологического процесса в сетчатке, и не оказывает повреждающего воздействия на фоторецепторные и ганглиозные клетки.

Теоретические предпосылки и данные экспериментальных исследований позволили разработать способ лечения МД путем светостимуляции сетчатки и получить улучшение ОЗ на 30% в 89% случаях. Разработан способ лечения катаракты в начальной стадии и устройство для его осуществления (Патент России RU № 2030908, класс А 61 F9/00). В соответствии с этим способом, терапевтическое воздействие на глаза осуществляется импульсным световым излучением частотой 0,05-1 Гц, длиной волны 360-450 нм и продолжительностью 15-20 минут. Однако этот способ предполагает лечение катаракты только в начальной стадии и не позволяет эффективно лечить другие заболевания (например, спазм аккомодации и МД) ввиду ограниченного диапазона частот стимуляции и их спектральных характеристик. Сеанс светостимуляции достаточно продолжителен, поэтому утомителен для пациента и вызывает дискомфортное состояние. Все

выше изложенное послужило основанием для применения хроматической импульсной светостимуляции с целью восстановления зрительных функций у пациентов как с функциональным снижением ОЗ (ДА), так и с органическими нарушениями в сетчатке и ЗН.

Курс лечения состоял из 10 сеансов светостимуляции. Частоту стимуляции световыми импульсами устанавливали в зависимости от данных КЧСМ, снижая ее на 10-15%. Цвет световых стимулов устанавливали в зависимости от офтальмопатологии. Время стимуляции 3 минуты. При одинаковых показателях КЧСМ в обоих глазах, воздействие на оба глаза проводится одновременно. Если показатели КЧСМ разные – то воздействие попеременное. Пациентов группы Д стимулировали зеленым цветом, чередуя его с синим каждые 5 сек. После курса светостимуляции пациенты уже не предъявляли астенопических жалоб и смогли вернуться к полноценной трудовой деятельности; ОЗ повышалась на 0,1-0,3 в 95% случаев. У 29 пациентов с инволюционной МД до лечения была достаточно высокая ОЗ, которая колебалась от 0,5 до 1,0, в среднем $0,6 \pm 0,08$. Всем пациентам назначали курс светостимуляции красным цветом. Однако у некоторых пациентов (данные пациенты страдали гипертонической болезнью) после первых двух сеансов повысилось артериальное давление на 5-8 мм рт.ст. Продолжали курс светостимуляции только зеленым цветом и наблюдали нормализацию артериального давления и даже некоторое его снижение. Следовательно, гипертоническая болезнь является противопоказанием для применения красного цвета при лечебной светостимуляции. В таких случаях показано лечение зеленым цветом.

После курса лечения у пациентов с МД ОЗ повысилась в среднем до $0,8 \pm 0,05$ в 88,2% случаев. При контрольном обследовании данные КЧСМ увеличились на 10-15%. Более существенный рост показателей КЧСМ после лечения произошел на красный цвет при длине волны стимулов 630 нм.

Всем пациентам с посттравматической и глаукоматозной АЗН светостимуляцию проводили только зеленым цветом. Во время лечения больных с ГОН нами не было обнаружено достоверного влияния стимуляции зеленым светом на внутриглазное давление, но было выявлено снижение артериального давления на $5 \pm 0,3$ мм рт.ст. При посттравматической АЗН после курса светостимуляции отметили увеличение ОЗ зрения в 53% случаев. У пациентов с ГОН-1 ОЗ повысилась на 30%, а при ГОН-2 – всего на 17%. Однако визометрические данные у пациентов с АЗН полностью не отражают положительного влияния светостимуляции на зрительные функции. Эффективность лечебной светостимуляции у таких пациентов оценивали, в первую очередь, по динамике поля зрения. При ГОН-1 наблюдали уменьшение площади относительных и абсолютных скотом в среднем на 23,8%. У пациентов с ГОН-2 после курса светостимуляции отметили уменьшение площади скотом в среднем на 17%. Приведенные данные о положительном влиянии светостимуляции на зрительные функции получили подтверждение при исследовании КЧСМ у пациентов с АЗН, у которых после курса светостимуляции произошло повышение КЧСМ на зеленый свет в среднем на 10,8%, а показатели КЧСМ на красный свет возросли на 6%.

Таким образом, в тех случаях, когда исходно у пациентов с АЗН было выявлено значительное снижение КЧСМ преимущественно на зеленый цвет, после курса лечения светостимуляцией наблюдали более выраженное повышение чувствительности к зеленому мелькающему свету. Это определило тенденцию к нормализации соотношения показателей КЧСМ на зеленый и красный цвет.

Предварительные исследования, проведенные в МЕДСИ и ЦТО, показали, что противопоказанием к применению метода являются следующие патологические состояния: воспалительный процесс в острой фазе; повышенное внутричерепное давление; эпилептический синдром; внутричерепные и орбитальные новообразования; индивидуальная непереносимость мелькающего света, особенно часто встречающаяся у больных с рассеянным склерозом; светобоязнь и слезотечение.

На основании полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- различная чувствительность к мелькающему красному и зеленому свету при дистрофии сетчатки и АЗН позволяет проводить эффективную дифференциальную диагностику этих заболеваний и повышает диагностическую ценность метода определения КЧСМ при хроматической стимуляции;

- импульсный монохроматический свет с адекватно подобранной частотой мелькания в качестве лечебного фактора выполняет роль своеобразного стимула, запускающего многие процессы восстановления активности нейрональных механизмов зрительного восприятия;
- рекомендуется включать метод светостимуляции в систему лечебных мероприятий при ДА, МД, АЗН различной этиологии, так как адекватное импульсное воздействие является мощным регулятором многих биологических процессов в зрительной системе и в организме в целом. При включении светостимуляции в комплексное лечение создаются условия для повышения эффективности других лечебных воздействий (медикаментозного, волнового, рефлекторного и т.д.);

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова Ю.А. Нарушения зрительных функций в ранней диагностике глаукомы. *Автореф. канд. мед. наук.* М.: 1998.
2. Арефеева Б.А. Контрастная и цветовая чувствительность в диагностике глаукомы, нейрофизиологические аспекты. *Вестник офтальмологии*, 1998, № 4, с. 49-52.
3. Богословский А.И. Различительная световая чувствительность. *Многоотомное руководство по глазным болезням.* М.: Медицина, 1962, т. 1, кн. 1, с. 421-425.
4. Вревельская В.М., Лебенкова О.А. Особенности частотно-критической и частотно-контрастной чувствительности глаза на цвета при атрофии зрительного нерва. *Актуальные вопросы социальной офтальмологии.* Вып. 2. М.: 1988, с. 43-47.
5. Волков В.В., Сухина Л.Б., Устинова Е.И. Глаукома, предглаукома, офтальмогипертензия. Л.: 1985.
6. Гаршина Е.В., Зуева М.В., Цапенко И.В., Нестерюк Л.И. Хроматическая стимуляция зрительных функций у больных глаукомой. *Актуальные вопросы офтальмологии.* Часть II. Сб. док. М.: МНИИ ГБ им. Гельмгольца, 1996, с. 204-206.
7. Голубцов К.В., Орлов О.Ю., Софронов П.Д., Зуева М.В., Цапенко И.В., Молчанов И.В. Прибор для исследования мультифокальной КЧСМ. Современные аспекты нейроофтальмологии. *Материалы III Московской научно-практической нейроофтальмологической конференции.* М.: Изд. НИИН им. Н.Н. Бурденко, 1999, с. 19-20.
8. Егорова Т.С., Голубцов К.В. КЧСМ в определении зрительной работоспособности слабовидящих школьников. *Информационные процессы* (электронный журнал, www.jip.ru), 2002, т. 2, № 1, с. 106-110.
9. Кравков С.В. Влияние темновой адаптации на критическую частоту мельканий монохроматического света. *Вестник офтальмологии*, 1938, выпуск 1, № 12.
10. Кравков С.В. О влиянии слуховых раздражителей на слитие мельканий. *Физиол. журн. СССР*, 1935, № 19.
11. Кравков С.В. Глаз и его работа. М.-Л.: АН СССР 1950, 531 с.
12. Красноперова Н.А. Критическая частота слияния мельканий как показатель развития утомления при учебной нагрузке у глухих и слабовидящих детей 6-9 лет. *Дефектология*, 1998, № 2, с. 18-21.
13. Меркулов И.И. Введение в клиническую офтальмологию. Харьков, 1964, 310 с.
14. Мацкевич Л. М. Охрана здоровья моряков. М.: Транспорт, 1986. 200 с.
15. Нейштадт Я.Э., Данциг И.М., Шубова Т.Б., Мкртычева Л.И. О методах определения зрительного утомления. *Труды I конф. по физиол. оптике.* М.: АН СССР, 1936.
16. Патент РФ на изобретение: Способ диагностики нарушений зрительных функций, способ восстановления зрительных функций и устройство для их осуществления. Авторы: Голубцов К.В., Куман И.Г., Хейло Т.С., Богданова Л.В., Софронов П.Д. Бюлл. № 26, 2002.

17. Патент РФ на изобретение: № 2168964. Способ топической диагностики дефектов поля зрения: Зуева М.В., Цапенко И.В., Голубцов К.В., Орлов О.Ю., Захарова Г.Ю., Яковлев А.А., Хватова А.В. Бюлл. № 17, 2001.
18. Патент на изобретение № 2162310: Система для восстановления зрительных функций. Авторы: Голубцов К.В., Софронов П.Д. Бюлл. № 3, 2001.
19. Пивоваров Н.Н. Диагностическое значение зрительных сенсорных феноменов в патологии оптического и нервного аппарата. *Автореф. докт. дисс.* М.: 1982, 34 с.
20. Рогатина Е.В., Голубцов К.В. Критическая частота слияния мельканий в дифференциальной диагностике патологии зрительного анализатора. *Вестник офтальмологии*, 1997, т. 113, № 6, с. 20-21.
21. Рогатина Е.В., Яковлев А.А., Егорова Т.С., Хватова А.В., Голубцов К.В. Критическая частота слияния мельканий на цветные стимулы в диагностике заболеваний сетчатки и зрительного нерва у детей. *Пособие для врачей.* М.: 2001, 16 с.
22. Рожнецов В.В., Петухов И.В. Метод повышения точности и сопоставимости результатов измерений критической частоты световых мельканий. *Современная техника и технологии в медицине и биологии: Материалы II научно-практической конференции.* Новочеркасск, 2001. С. 52-53.
23. Сапов И.А., Солодков А.С. Состояние функций организма и работоспособность моряков. Л.: Медицина, 1980, 192 с.
24. Свидетельство на полезную модель РФ № 9387. Устройство для контроля и снятия утомления оператора ЭВМ. Голубцов К.В. Бюлл. № 3, 1999 г.
25. Свидетельство на полезную модель РФ № 11059: Устройство для снятия зрительного утомления оператора ЭВМ. Авторы: Голубцов К.В., Айду Э.А.-И, Софронов П.Д., Зуева М.В., Цапенко И.В. Бюлл. № 9, 1999.
26. Свидетельство на полезную модель РФ № 5079: Устройство для контроля утомления оператора ЭВМ. Голубцов К.В. Бюлл. № 9, 1997.
27. Свидетельство на полезную модель РФ № 10070: Устройство для диагностики глаукомы. Бюлл. № 6, 1999.
28. Солдатова А.М. Роль свободно-радикальных, окислительно-восстановительных процессов и видимого света в патогенезе склеротической макулодистрофии и ее дифференциальное лечение. *Дисс. на соиск. уч. ст. доктора мед. наук.* Одесса, 1992.
29. Семеновская Е.Н. Электрофизиологические исследования в офтальмологии. М.: Медгиз, 1963, 279 с.
30. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. М.: 1998, 416 с.
31. Шигина Н.А., Куман И.Г., Крутов С.В., Голубцов К.В. Особенности использования импульсного хроматического света в диагностике и лечения атрофии зрительного нерва. *Клиническая офтальмология.* 2002, т. 3, № 1, с. 37-40.
32. Хайнекин Э. Эффекты последействия и критическая частота слияния мельканий в зависимости от возраста. *Когнитивная геронтология.* 1994, т. 2, № 1, с.79-83.
33. Braunstein E.P. Beitrag zur Lehre des intermittierenden Lichtreizes der gesunden und kranken Retina. *Zs. f. Psych.* 1933, с. 33.
34. Hechn S., Verrijp C. Intermittent stimulation by light. *J. Physiol.* 1933, 86, no. 1? P. 17.
35. МКБ-9: Международная статистическая классификация болезней, травм и причин смерти 9-го пересмотра. Женева, 1989.