

## МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСПЕШНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИРЕКТИВНОЙ ЦВЕТОСТИМУЛЯЦИИ

Т.И. ЯКУНЧЕНКО  
Ф.А. ПЯТАКОВИЧ  
К.Ф. МАККОНЕ

Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет

e-mail: [piatakovich@mail.ru](mailto:piatakovich@mail.ru)

В статье рассмотрены материалы об использовании в лечебных целях новых медицинских информационных технологий, связанных с биоуправляемой цветостимулацией. Посттренинговое состояние изучалось с помощью хронобиологических тестов. При этом критериями оценки состояния здоровья служили резервы функций сердечно-сосудистой, дыхательной системы, результаты ритмотестирования и ЭЭГ.

Представлены кодифицированные модели метрономизированного дыхания для оптимизации цветостимулирующего воздействия.

Ключевые слова: хронотропный резерв, инотропный резерв, показатель качества реакции, показатель кислородной задолженности и определение длительности «индивидуальной минуты».

**Введение.** Нет другого психологического термина, так прочно вошедшего в нашу жизнь, как стресс. Стресс на работе, в семье, в общественном транспорте, при спортивных состязаниях. Стресс, если выполняет мобилизующую функцию, как, например, у спортсменов может быть отнесен к положительным факторам, в остальных случаях, особенно, когда он принимает неуправляемые формы, его следует рассматривать как деструктивный элемент формирования любой последующей патологии. Сказанное в полной мере относится к лицам пострадавшим от природно-техногенных катастроф [8].

Биоуправление, как считает академик М.Б. Штарк – «это единственная современная информационная медицинская технология, где пациент из пассивного объекта врачебного вмешательства превращается в активного субъекта лечебно-реабилитационного процесса». Метод биоуправления включает аппаратные и компьютерные технологии, основанные на принципе биологической обратной связи. Эти информационные технологии направлены на развитие и совершенствование механизмов саморегуляции физиологических функций в норме или при целом ряде патологических состояний. В ходе процедуры биоуправления объекту посредством внешней обратной связи, организованной через компьютер, предъявляется информация о состоянии тех или иных физиологических функций, что позволяет испытуемым научиться контролировать физиологические параметры и закрепить приобретенные навыки для их последующего использования в повседневной жизни.

В Москве при РАМН функционирует проблемная комиссия по Хронобиологии и Хрономедицине, созданная академиком Ф.И. Комаровым. Под эгидой комиссии ведутся научные исследования, направленные на разработку и практическое применение биоуправляемых методов лечения, прежде всего, психосоматических заболеваний. К ним относятся биоуправляемая цветостимулация и цветотерапия, нейробиоуправление и игровой тренинг [7, 9], основанный на биологической обратной связи (БОС).

БОС-терапия для клинических приложений подразделяется на: БОС-ЭЭГ-терапия, БОС-КГР (кожно-гальваническая реакция)-терапия, БОС-бета/тета-терапия и т.д. БОС-тренинг для неклинической сферы применения связан с использованием БОС-технологий в эффективном стрессменеджменте, позволяющем повысить показатели эффективности в большом спорте, искусстве, а также в любой деятельности, требующей длительных усилий, а также большой ответственности.

Существуют и альтернативные подходы, основанные на хронобиологических принципах биоуправления. Нами в 1994 году на основе использования фундаментальных принципов хронобиологии, были обоснованы рекомендации по разработке биотехнических систем цветостимулации, в которых параметры цветового воздействия по

интенсивности могут быть автоматически согласованы с параметрами биологической обратной связи посредством датчиков пульса и дыхания [3].

Реализация, рассмотренных выше теоретических положений, была осуществлена в запатентованной биотехнической системе цветозвукостимуляции, в которой предъявляемым объектом служили два овала, с циклически изменяемой цветовой последовательностью, закодированной в виде того или иного паттерна ЭЭГ [4].

Проведенные нами ранее исследования продемонстрировали, что использование всех технологий биоуправляемой цветостимуляции обеспечивает на основе механизма резонансного захвата навязываемых частот, трансформацию паттерна ЭЭГ и как следствие модификацию функционального состояния пациента [5, 6, 10].

Актуальным является разработка мультипараметрических показателей оценки эффективности проводимого биоуправляемого тренинга посредством директивной цветостимуляции.

**Цель** проводимого исследования включает:

- разработку модели оптимизации цветостимулирующего воздействия при стрессе.
- формирование моделей усиления эффективности воздействия на базе метрономизированного дыхания.
- разработку показателей эффективности тренингового воздействия.

Работа выполнена в соответствии с планами проблемной комиссии по «хронобиологии и хрономедицине» РАМН, при поддержке проектов РНПВШ (Развитие научного потенциала высшей школы): 2.2.3.3/3301 (2007-2008 годы); 2.2.3.3/4307 (2009-2010 годы); 2.2.3.3/9477 (2011 год), а также в соответствии с научным направлением кафедры.

**Материал и методы исследования.** Известно, что при дыхании с частотой 5-6 в минуту вариации пульса достигают наибольших величин. При дыхании 6 раз в минуту наблюдается максимум стимуляции блуждающего нерва в результате действия дыхательной аритмии сердца (ДАС). В литературе такое дыхание называют метрономизированным дыханием, или более часто, как резонансное, в связи с тем, что передаточная функция изменения ЧСС при дыхании имеет выраженный функциональный резонанс (ФР) на частоте около 0,1 Гц. Поэтому нами было принято решение использовать метрономизированное дыхание в сочетании с релаксирующей цветостимуляцией. Естественно для этих целей необходимо было рассмотреть модели биоуправляемого резонансного дыхания.

Модели формул резонансного дыхания, представленные в виде таблиц задают основные параметры, которые используются для составления алгоритмов и программной реализации автоматизированной системы цветостимуляции.

Таблица 1

**Характеристика фаз дыхательного цикла в модели формул  
«Резонансное дыхание»**

Тип формулы	Вдох с	Пауза с	Выдох с	Пауза с
Вариант 1	4	1	3	2
	4	0	4	2
	4	1	4	1
	5	0	5	0
Вариант 2	3	1	3	3
	3	1	4	2
	4	0	5	1
	5	0	5	0
Вариант 3	3	0	5	2
	4	1	4	1
	3	1	6	0
	3	0	7	0

Основные параметры фаз дыхательного цикла в модели метрономизированного дыхания включают длительности: вдох – пауза – выдох – пауза.

В биотехнической системе резонансное дыхание синхронизируется цветостимуляцией для усиления воздействия на центральную нервную систему. Активное участие больного при подобном воздействии возводит процедуру лечения в ранг реабилитационных мероприятий.

Реальная формула дыхания включает паттерн дыхательного цикла из нескольких циклов смены фаз дыхательного акта.

Общая продолжительность дыхательного акта не изменяется, но меняются соотношения между длительностью вдоха-паузы и выдоха-паузы с каждым циклом. Причём продолжительность фазы выдоха возрастает, а длительность паузы после выдоха укорачивается.

Единицей измерения для подсчёта количества времени удержания фазы дыхания, служит биологическая секунда. Аналогом ее служит межпульсовой интервал. Каждая секунда соответствует единице дыхательного акта.

На экране монитора каждый дыхательный акт сопровождается постепенным закрашиванием контура в центре экрана. Заливка контура происходит в зависимости от данных, поступающих с процессора. Один пульсовый удар соответствует 1 единице отсчёта дыхательного цикла. Заполнение контура полностью цветом означает окончание одного дыхательного цикла. С поступлением следующего сигнала с таймера процессора динамический процесс заливки изображения возобновляется. Динамику работы алгоритмов принудительного дыхания удобней отслеживать с помощью алгоритмов, оформленных в виде блок-схемы. Однако ограниченный объем статьи не позволяет их здесь привести.

Объект исследования составили 200 студентов во время экзаменационной сессии в возрасте от 16 до 25 лет.

Исследования проводились дважды: до и после курса тренинга. Курс включал 15 сеансов.

Посттренинговое состояние студентов изучалось с помощью хронобиологических тестов. При этом критериями здоровья служили резервы функций сердечно-сосудистой, дыхательной системы, а также их относительные показатели: хронотропный резерв, инотропный резерв, показатель качества реакции, показатель кислородной задолженности и определение длительности «индивидуальной минуты», оценки ситуативной и личностной тревожности (тест Спилбергера), результаты ритмотестирования и ЭЭГ.

Распределения показателя «индивидуальной минуты» у студентов также были изучены в исходном состоянии в сравнении с посттренинговым периодом контрольной группы.

Из рассмотренных данных следует, что распределения показателя «индивидуальной минуты» у студентов достоверно отличаются между исходными данными и результатами, полученными после курса тренинга. В исходный период «короткая минута» встречается в 1,6 раза чаще, чем в периоде после курса тренинга. Это, прежде всего, подтверждает, известное a priori нервно-эмоциональное напряжение у этой категории студентов.

Показатель устойчивости организма к кислородной задолженности зависит в основном от работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Уменьшение показателя свидетельствует о возрастании резерва, а его увеличение, напротив отражает снижение функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Если естественная задержка дыхания после неглубокого выдоха (пока приятно) достигает 40-60 секунд, это значит, что соотношения кислорода и углекислого газа в организме в пределах нормы.

Показатель кислородной задолженности определяют по формуле:

ПКЗ= ЧСС уд.в мин. / Аппноэ в секундах

Пробу выполняют в покое, при этом подсчитывают частоту сердечных сокращений, затем испытуемый делает вдох и неглубокий выдох после которого задерживает дыхание до тех пор, пока не станет трудно, после чего подсчитывают время задержки дыхания. Если вычисленное отношение равно:

- 1  $\leq 1,0$ , то это соответствует оценке отлично;
2.  $1,1-1,5$ , то это соответствует оценке хорошо;
3.  $1,6-2,2$ , то это соответствует оценке удовлетворительно;
4.  $> 2,2$ , то это соответствует оценке плохо;

Результаты показателя устойчивости организма к кислородной задолженности представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Динамика показателя кислородной задолженности в процессе тренинга посредством биоуправляемой директивной цветостимуляции.**

Оценка Резерва	Исход		Модуль разности $P_1 - P_2$
	$P_1-\%$	$P_2-\%$	
1	2	3	4
Отлично	11	31	20
Хорошо	21	44	23
Удовл.	49	15	34
Плохо	19	10	09
$\Sigma P\%$	100	100	-
$\sum  P_{i1} - P_{i2} $		-	86
$D(x_i)\%$		-	43
Значимость различий		-	$P < 0,001$

Распределения показателя устойчивости организма к кислородной задолженности, достоверно отличаются у студентов в исходном состоянии до тренинга и после курса тренинга. Если у студентов в исходе показатель кислородной задолженности был хорошим и отличным всего у 32% человек, то после курса тренинга хорошим и отличным он составил 75% наблюдений.

Одноразовая процедура директивной биоуправляемой светодиодной цветостимуляции, как показали наши исследования, на этот показатель у студентов не оказала влияния.

Директивная биоуправляемая светодиодная цветостимуляция привела к «удлинению» индивидуальной минуты, за счет чего достоверно ( $p < 0,05$ ) на 19% снизилась доля студентов имевших «короткую минуту». В 4 раза возросла доля студентов у которых время физической и «индивидуальной минуты» совпало.

Количественные характеристики преобладания симпатической и парасимпатической нервной системы в регуляции ритма сердечных сокращений могут быть получены при изучении информационных параметров временной упорядоченности пульса.

Таблица 3

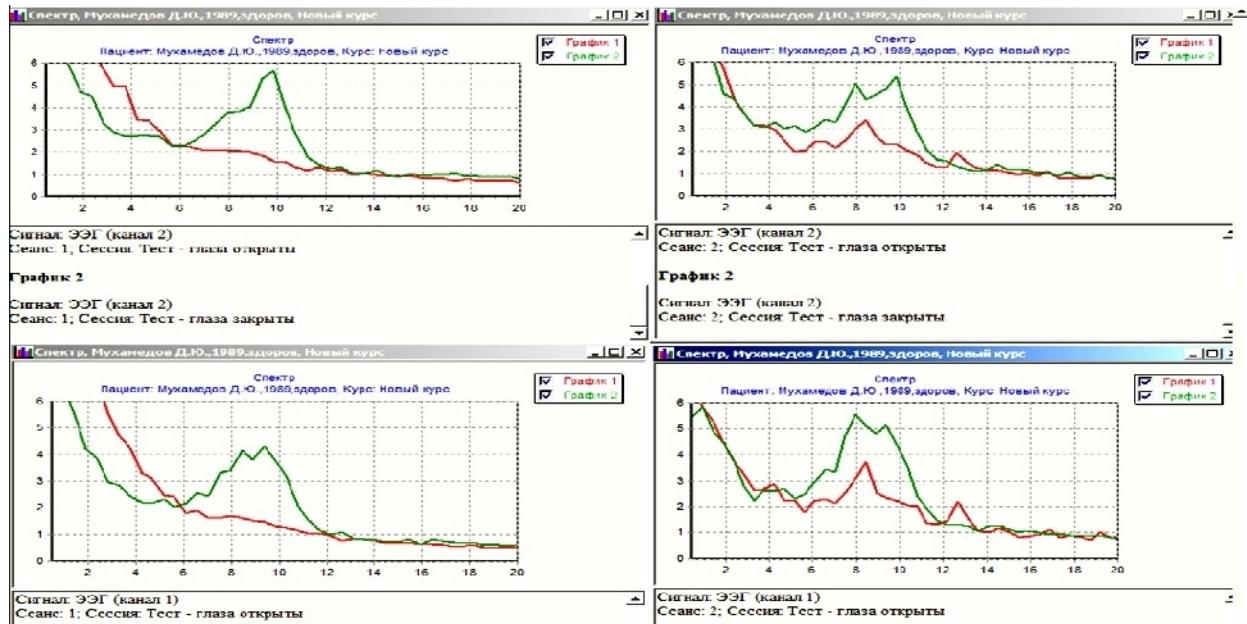
**Влияние экзаменационного стресса на показатели вариабельности ритма сердца**

Режим мобилизации микроструктурного паттерна HRV	Период изучения				Модуль разности		
	ФОН		Экзамен		2 – 3	4 – 5	2 – 4
	Спок. дых.	Резон. дых.	Спок. дых.	Резон. дых.			
1	2	3	4	5	6	7	8
Квазигармонический	56	39	-	20	17	20	56
Квазидетерминированный	4	-	14	2	4	12	10
Гармонический	2	-	67	48	2	19	65
Детерминированный	1	-	19	-	1	19	18
Квазистохастический	31	51	-	23	20	23	31
Стохастический	6	10	-	7	4	7	6
$\Sigma P\%$	100	100	100	100	-	-	-
$\sum  P_{i1} - P_{i2} $	-		-	-	48	100	186
$D(x_i)\%$	-		-	-	24	50	93
Значимость различий	-		-	-	$P < 0,05$	$P < 0,05$	$P < 0,05$

Из представленных данных следует, что резонансное дыхание позволяет дифференцировать влияние на регуляцию ритма сердца блуждающего нерва. У людей находящихся в условиях стресса метрономизированное дыхание обеспечивает увеличение вклада холинергических влияний (блуждающего нерва) по сравнению с вагоингибирующим влиянием адренергических механизмов (симпатического нерва).

Отсюда следует еще один немаловажный вывод, что подобная проба имеет, помимо диагностического, еще и самостоятельное лечебное воздействие.

Были также проведены исследования на адекватность разработанных моделей цветостимуляции реальным электрофизиологическим процессам мозга (рис.1).



*Rис. 1. Спектры ЭЭГ правого (канал 1) и левого (канал 2) полушария до и после цветостимуляции: верхний ряд левое полушарие: слева-направо, до цветостимуляции и после цветостимуляции (тест глаза открыты- график 1, глаза закрыты-график 2); нижний ряд правое полушарие: слева-направо, до цветостимуляции и после цветостимуляции (тест глаза открыты-закрыты)*

Для этих целей нами были проведены исследования 20 здоровых студентов в возрасте от 18 до 21 года. Всем им записывали фоновую электроэнцефалограмму с проведением функциональной пробы с закрыванием – открыванием глаз.

Затем проводили цветовую стимуляцию белым светом частотой 10 Гц на протяжении пяти минут и затем повторно записывали электроэнцефалограмму с использованием функциональной пробы закрывание – открывание глаз.

Исходя из представленных графиков спектров на рисунке 1 паттерн ЭЭГ и правого, и левого полушария до цветостимуляции относится к нормальной ЭЭГ среднепластичного типа, поскольку альфа-ритм наблюдается только при закрытых глазах.

После же цветостимуляции частотой 10 Гц на графиках спектров правого и левого полушарий отмечается нормальная ЭЭГ высоко пластичного типа, поскольку паттерн ЭЭГ имеет выраженный альфа-ритм (основной или системообразующий ритм ЭЭГ) при закрытых и открытых глазах.

Обращает на себя внимание на спектре ЭЭГ правого полушария при закрытых глазах (график 2) после цветостимуляции возрастание амплитуды альфа-ритма первого пика в диапазоне с частотой 8 Гц.

Было показано, что реализованная процедура цветостимуляции посредством смоделированных формул воздействия, направленных на процессы торможения в коре мозга, сопровождается предсказуемой трансформацией электроэнцефалограммы и изменениями нейродинамической активности мозга.

В периоде до курсового воздействия по частотному спектру альфа-ритм относился к диапазону 12-13 Гц низкой амплитуды. В периоде после проведенной курсовой

детерминированной цветостимуляции структура ритма претерпела существенные изменения: снизился удельный вес высокочастотных составляющих за счет бета диапазона и возрос удельный вес низкочастотных и высоко амплитудных составляющих в альфа диапазоне за счет частоты 10-11 Гц. Об успешности воздействия свидетельствует и снижение  $\theta/\alpha$  отношения. Процесс перестройки паттерна ЭЭГ осуществляется однодirectional с уменьшением в системе меры беспорядка и случайности и возрастанием функции репродуктивности, что отражает возрастание КПД системы: показатели оптимизации возрастают в 1,5 раза по сравнению с исходом до лечения. Необходимо подчеркнуть также, что характер изменений биотропных параметров ЭЭГ, при этом, отражает нормализацию нейродинамических процессов мозговой деятельности, направленной на усиление реакции торможения.

### **Выводы**

1. Рассмотрена модель оптимизации эффективности цветостимулирующего воздействия при стрессе. Световая структура модели соответствовала по форме паттерну веретена альфа-ритма. Модель альфа-веретена рассчитывалась таким образом, чтобы скважность светоимпульсов сначала уменьшалась до пика веретена, а затем так же плавно увеличивалась до последнего светоимпульса.
2. Сформирована модель оптимизации эффективности воздействия за счет усиления межсистемных связей системы регулирования. Для этих целей реализована структура в виде паттерна «резонансного дыхания», включающего изменения соотношений длительности вдоха и выдоха при неизменном периоде 10 секунд.
3. Разработан биоуправляемый модуль системы детерминированного биоуправления, включающий возможность независимой реализации синхронного воздействия при помощи цветостимуляции и резонансного дыхания.
4. Эффективность цветостимулирующего тренинга у студентов, имевших высокую пискоэмоциональную нагрузку, характеризовалась изменением их функционального состояния в посттренинговом периоде за счет трансформации нейродинамической активности мозга.

### **Список литературы**

1. Макконен, К.Ф. Модели и алгоритмы биоуправления в информационной системе игрового автомобильного тренинга./ К.Ф. Макконен, Ф.А. Пятакович // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал практической и теоретической биологии и медицины. –М, 2008. –Т7. , № 1, – С.177–181.
2. Макконен, К.Ф. Разработка структуры модуля директивной цветостимуляции реализующего реабилитационный вектор воздействия / К.Ф. Макконен, Ф.А. Пятакович // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал практической и теоретической биологии и медицины. –М, 2008. –Т.7 , № 2, – С.335–338.
3. Пятакович, Ф. А. Циклически управляемая бинокулярная синхроцветостимуляция / Ф. А. Пятакович // Циклические процессы в природе и обществе: материалы второй междунар. конф. и третьего междунар. семинара «Золотая пропорция и проблемы гармонии систем», Ставрополь, 18-23 окт. 1994 г. / Ставроп. гос. ун-т ; под ред. В. Д. Чурсина. – Ставрополь, 1994. – С. 66-70.
4. Пятакович, Ф.А., Пронин В.Т., Якунченко Т.И. Биоуправляемый синхроцветозвукостимулятор. // Свидетельство № 3093 от 16.11.1996 г. Опубл. Бюл. № 11 от 16.11.1996 г.
5. Пятакович, Ф.А. Биоуправляемая хронофизиотерапия./ Ф.А. Пятакович, С.Л. Загузкин, Т.И. Якунченко. //Учебное пособие рекомендовано УМО по медицинскому и фармацевтическому образованию вузов России (№398 от 19.12.01.) в качестве учебного пособия для системы послевузовской подготовки врачей. Белгород - 2002. –с.162.
6. Пятакови, Ф.А. Основные направления развития биоуправляемых технических средств для цветостимуляции и цветотерапии. //Труды V Всероссийского съезда физиотерапевтов и курортологов и Российский научный форум «Физические факторы и здоровье человека». -Москва. 2002.-С. –439-445.
7. Якунченко, Т.И. Оптимизация лечения больных неврозом при помощи компьютерно-управляемого автомобильного игрового тренинга, реализующего модели субсенсорного светового воздействия./ Т.И. Якунченко, Ф.А. Пятакович .// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.–2009.- № 7 –С.63–66.
8. Makkonen, K.F. A model of examination stress for the development of determined colours-timulation oriented on the modification of the functional status of the patients./ K.F. Makkonen, F.A. Pyatakovich. // International journal of applied and fundamental research. -2009. -№2 –С. 17-20.

9. Pyatakovich, F.A. Biotechnical system of car game training based on use of a multiparametrical feedback and subsensitivity light signals of control. / F.A.Pyatakovich, T.I. Yakunchenko. // European journal of natural history. - 2009. -№ 6. -C. 38-40.

10. Pyatakovich, F.A. Photostimulation biocontrolee: monographie / F.A. Pyatakovich, Y.Hashana K.F. Makkonen// Academie Russe des sciences medicales, Comission "Chronobiologie et Chronomedicine". Universite d'Etat de Belgorod. Universite d'Etat de la Manoube. Institut superieur d`education physique Kssarr Said. Press Univercitaire de Tunis. ISSEP Science -Tunis, 2008. – 104 p.

## **MULTIPARAMETRIC ESTIMATION TO SUCCESS AND EFFICIENCY OF THE DIRECTIVE COLOURSTIMULATION**

**T.I. YAKUNCHENKO F.A. PYATAKOVICH K.F. MAKKONEN**

*Belgorod National  
Research University*

*e-mail: piatakovich@mail.ru*

Material are considered In article about use in medical purpose new medical information technology, in accordance with biotrol colourstimulation. After training condition was studied by means of chronobiologic test. At, the criterion of the estimation of the picture of health served the reserves a function cardiovascular, respiratory system, results of the estimation heart rate variability and EEG.

Presented codified models metronomized breathings for optimization colourstimulation influences.

Key words: chronotropic reserve, inotropic reserve, factor quality to reactions, factor to oxygen indebtedness and determination to duration "individual minute".