

УДК 612.821

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИГРОВОГО ТРЕНИНГА, РЕАЛИЗУЮЩАЯ ДВЕ СТРАТЕГИИ

Макконен К.Ф., Пятакович Ф.А., Новоченко А.С.

*Белгородский государственный университет,
г.Белгород. Россия.*

Возможности психофизиологической адаптации человека к новым условиям жизнедеятельности явно не поспевают за динамично развивающейся технологической сферой его реального существования, в результате чего в последние десятилетия отмечается рост большой группы заболеваний, обозначаемых такими понятиями, как психосоматические расстройства, болезни регуляции и другие.

Именно это и определяет востребованность различных вариантов биоуправления [4,5,6,7,14,15].

Технологии игрового биоуправления могут применяться самостоятельно, так и в сочетании с другими видами биоуправления. Использование различных приемников регистрации параметров биологической обратной связи различной модальности, естественно, расширяет спектр приобретаемых навыков саморегуляции [1].

Прогресс элементной базы электронных средств в создании современных аппаратных средств способствовал созданию уникальной лечебно-реабилитационной технологии, позволяющей более эффективно обучаться способам саморегуляции. Речь идет о компьютерном тренинге в виде игрового биоуправления [14].

Однако здесь следует рассмотреть и недостатки игровых систем, работающих на принципах биологической обратной связи. Во-первых, техническая реализация данных игр осуществляется в около реальном времени, что связано с конструкцией датчика и многозадачной средой Windows.

Во-вторых, тренинг во всех рассмотренных системах «БОС-ПУЛЬС» и им подобных, но с другими модальностями параметров биологической обратной связи, основан на управлении каким-либо одним параметром: частотой пульса (магические кубики, автомобильные гонки, гребной канал, аквалангисты), или амплитудой бета ритма электроэнцефалограммы (выращивание цветов), или концентрацией CO₂ в выдыхаемом воздухе (марсианские войны) [16]. Использование различных мо-

дальностей биологической обратной связи в игровых системах тренинга привело к расширению арсенала игр, но не решило проблемы оптимизации воздействия [10,11].

Хронобиологические методы, основанные на мультипараметрической биологической обратной, как было установлено российскими учеными, относятся к наиболее корректным способам оптимизации воздействия при помощи любых технологий лечения [8,9,12,13]. И, как оказалось, тому причиной является структура многочастотных кодов биоуправления физиологическими процессами [2].

Фундаментальные исследования, проведенные на уровне клетки, ткани, органа, показали, что биологические коды являются многочастотными, а эффективность их зависит от определенного соотношения в сложно модулированном суммарном сигнале. Также было установлено, что одночастотные воздействия организмом активно демпфируются на адресуемом уровне за счет выше- и нижележащих уровней гомеостатической регуляции [2].

Следовательно, разработка программно-управляемых способов управления воздействием с использованием мультипараметрической биологической обратной связи относится к актуальным задачам, существенно расширяющим эффективность лечения при помощи компьютерных игровых технологий реабилитации различных заболеваний человека.

Работа выполнена при поддержке гранта РНП.2.2.3.3.3301 в соответствии с планами проблемной комиссии по хроно-

биологии и хрономедицине РАМН и научным направлением медицинского факультета БелГУ «Разработка универсальных методологических приемов хронодиагностики и биоуправления на основе биоритмических моделей и алгоритмов с использованием параметров биологической обратной связи».

Цель исследования: оптимизация управления принятием решения в процессе компьютерной игры посредством направленного использования параметров биологической обратной связи в виде частоты пульса, дыхания и их соотношений.

Задачи исследования:

1. Реализовать модуль автоматического ввода и обработки электрофизиологической информации, позволяющие регистрировать параметры дыхания и пульса в режиме реального времени.

2. Разработать критерии успешности и эффективности игрового БОС тренинга, реализующего игровую стратегию с установкой на успех.

3. Разработать критерии успешности и эффективности игрового БОС тренинга, реализующего игровую стратегию с установкой на избегание неудачи.

Методы исследования: В работе использованы методы системного анализа, моделирования, математической статистики, методы регистрации и анализа электрофизиологической информации в виде датчика пульса и дыхания и ритмотестирования.

Описание структуры биотехнической системы игрового автомобильного тренинга на основе биологической обратной связи

Биотехническая система включает игровой сюжет, игровую среду обитания, а также датчики пульса и дыхания, счетчик пульса и дыхания, анализатор соотношения пульса и дыхания, интерфейс ЭВМ. Главным управляющим элементом системы является 8-и битный микроконтроллер PIC16F870 фирмы Microchip, работающий на частоте 20 МГц, имеющий в своем составе 2 кБ памяти программ, 128 байт ОЗУ и 64 байт внутренней EEPROM памяти данных. Работа устройства происходит под управлением программных модулей,

часть которых хранится во внутренней энергонезависимой Flash памяти программ микроконтроллера.

Игровая среда обитания представляет автомобильные дороги, которые проходят внутри кварталов города, а также по пересеченной местности. В игре принимают участие два автомобиля. Первый автомобиль управляется величинами соответствующими физиологическим параметрам пульса, дыхания и их соотношениям. Вторым автомобилем управляет программа в соответствии с заданными параметрами игры.

Игра начинается с совместного старта двух автомобилей, в виртуальном городе. Игра построена таким образом, что при каждом новом круге автомобили движутся по маршруту, отличающемуся от предыдущего. Это сделано для того, чтобы у пациента во время тренинга не возникало ощущения однотипности и прямолинейности сюжета.

Управление автомобилем, то есть изменение его положения относительно авто противника осуществляется по специально разработанным алгоритмам.

Управляющим отношением является частота пульса / частота дыхания.

При удовлетворительном соотношении пульса и дыхания, автомобиль пациента выходит на лидирующую позицию. В противном случае ситуация меняется на противоположную.

Для сохранения игровой стрессовой ситуации оба автомобиля хорошо видны пациенту, то есть если пациент проигрывает, то автомобиль противника остаётся в зоне видимости и наоборот.

Критерии успешности и эффективности игрового БОС тренинга, реализующего игровую стратегию с установкой на избегание неудачи.

Данная стратегия связана с минимизацией затрат, сбережением энергетических ресурсов и связана со снижением частоты пульса и повышением амплитуды альфаритма.

Для расчета оценки уровня испытываемого в данный момент времени человеком стресса вычисляется показатель стресса (ПС) по формуле:

$$ПС = m1/3 * ТЧСС * \Delta pт * 0,000126$$

где m – масса тела в кг;

$\Delta \text{арт} = D_{\text{max}} - D_{\text{min}}$ Разница максимального и минимального артериального давления;

ТЧСС – текущая частота сердечных сокращений.

В процессе игры производят вычисления показателя ТЧСС, как число 60, деленное, на межпульсовый интервал (60 / RR).

В соответствии с условиями делается заключение об уровне испытываемого сердечно-сосудистой системой стресса – показатель стресса (ПС):

Если $1,00 \leq \text{ПС} \leq 1,50$ – норма;

Если $1,51 \leq \text{ПС} \leq 2,00$ – умеренно выраженный стресс;

Если $\text{ПС} > 2,00$ – выраженный стресс.

Вычисление разницы между текущей (ТЧСС) и должной (ДЧСС) частотой сердечных сокращений позволяет определить направление тренда пульса: норморитмия, тахиритмия, брадиритмия. Разница высчитывается по формуле: $\Delta \text{ЧСС} = 100 (\text{ТЧСС} - \text{ДЧСС})$, где $\Delta \text{ЧСС}$ – искомый показатель в

%, а $\text{ДЧСС} = 48 * (A/B)^{1/3}$, или $48 * \sqrt[3]{A/B}$, где A – рост в сантиметрах, а B – масса тела в килограммах.

При этом о тахи- или брадиритмии говорят, если $\Delta \text{ЧСС} > 5\%$.

Все показатели, рассмотренной формулы вычисляются дважды: в фоновом периоде и после сеанса тренинга.

В случае, если отношение числа ударов пульса и дыхания равно четырем или пяти, но меньше десяти – включен зеленый индикатор, при отношении больше десяти индикация меняется на желтый свет, а при отношении меньше четырех индикатор приобретает красный свет.

При появлении красного света тренирующемуся человеку рекомендуют более медленное и глубокое дыхание до включения зеленого света.

При отображении желтого света выполняющему тренинг субъекту рекомендуют поверхностное и частое дыхание до появления на индикаторе зеленого света.

Таблица 1. Показатели успешности и эффективности игрового тренинга применительно к стратегии на избегание неудачи

Соотношения пульса и дыхания $T = \frac{\text{Число RR}}{1 \text{ дых.цикл}}$	Состояние АНС	Успешность игрового тренинга	Показатель стресса $\text{ПС} = m^{1/3} * \text{ТЧСС}$ * $\Delta \text{арт.} 0,000126$	Уровень стресса	Эффективность игрового Тренинга
$T < 4,0$	Ум. Преобладание СНС	Нет	$\text{ПС} > 2$	Выраженный Стресс	Нет
$T = 4,0 - 5,0$	Норма	Нет	$1,51 \leq \text{ПС} \leq 2$	Умеренный Стресс	Нет
$10 \geq T > 5,0$	Преобладание ПСНС	Да	$1,0 \leq \text{ПС} \leq 1,5$	Норма	Да

Для выполнения рассмотренных выше условий пациенту необходимо, как можно дольше поддерживать разность те-

кущей частоты сердечных сокращений и должной частоты сердечных сокращений с отрицательным знаком, иначе говоря,

иметь тренд в направлении брадикардии. Таким образом, стратегия тренирующегося заключается в умении поддерживать холинергические механизмы регулирования автономной нервной системы в активном состоянии.

Критерии успешности и эффективности игрового БОС тренинга, реализующего игровую стратегию с установкой на успех.

Подобный вид операторской деятельности требует использования психофизиологических ресурсов активации, направленных на повышение частоты сердечных сокращений, снижение альфа-ритма и рост бета-ритма и дельта-ритма.

Использование стратегии на успех реализуется мобилизацией игрока и, связанного с этим положительного приращения частоты сердечных сокращений, с последующим возрастанием скорости игрового объекта. При расслабленном состоянии игрока и отрицательном приращении пульса скорость перемещения игрового объекта наименьшая и достижение цели становится проблематичным.

Контрольную функцию чрезмерного учащения частоты сердечных сокращений реализует алгоритм определения дыхательной аритмии сердца и вычисления экспираторно-инспираторного коэффициента.

Таблица 2. Показатели успешности и эффективности игрового тренинга применительно к стратегии на успех

Соотношения пульса и дыхания $T = \text{Число RR} / 1 \text{ дых.цикл}$	Состояние АНС	Успех игрового тренинга	Показатель стресса $PC = m1/3 * TЧСС$ * $\Delta \text{ арт. } 0,000126$	Уровень стресса	Эффект игрового Тренинга
$T < 4,0$	Ум. Преобладание СНС	Да	$PC > 2$	Умеренный Стресс	Да
$T = 4,0$ - $5,0$	Норма	Нет	$1,51 \leq PC \leq 2$	Норма	Нет
$10 \geq T > 5,0$	Преобладание ПНС	Нет	$1,0 \leq PC \leq 1,5$	Выраженный Стресс	Нет

Успешность тренинга обеспечивается только при умеренном преобладании адренергических механизмов автономной нервной системы, когда может быть реализована самая высокая скорость передвижения игрового объекта.

Резюмируя рассмотренные в статье материалы применительно к разным игровым стратегиям можно сделать следующие выводы:

1. Сеанс игрового тренинга с реализацией на успех считается удачным (успешным), в том случае, если соотношение пульса и дыхания $T < 4,0$. При этом, тренд пульса имеет направленность в зону тахикардии.

2. Курс игрового тренинга с реализацией стратегии на успех считается эффективным в том случае, если во время последнего сеанса регистрируются показатели, укладывающиеся в зону умеренного стресса.

3. Сеанс игрового тренинга с реализацией стратегии на избегание неудачи считается успешным, в том случае, если соотношение пульса и дыхания находится в диапазоне $10 \geq T > 5,0$. При этом, тренд пульса имеет направленность в зону брадикардии.

4. Курс игрового тренинга с реализацией стратегии на избегание неудачи считается эффективным в том случае, если во время последнего сеанса регистрируются

показатели стресса, укладываемые в диапазон $1,0 \leq \text{ПС} \leq 1,5$, иначе говоря, в зону нормальных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джафарова О.А. Игровое биоуправление как технология профилактики стресс-зависимых состояний. / Джафарова О.А., Донская О.Г., Зубков А.А., Штарк М.Б. // Биоуправление-4. Теория и практика.- Новосибирск, 2002.- С.86-96.

2. Загускин С.Л. Колебания микроструктур и регуляция восстановительных процессов клетки : Автореф. дис. ...докт. мед. наук. - М, 1986. -32 с.

3. Lubar J.F. Neocortical dynamics: Implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention // Applied Psychophysiology and Biofeedback. -1997. - Vol. 22.- P. 111-126.

4. Pyatakovich F. Therapie controlee par millimetre. /Pyatakovich F., Yakoun tchenko T.// 25-Salon international des invention des techniques et produits nouveaux de Geneve. Catalogue officiel.11-20 avril 1997. - P.162.

5. Pyatakovich F. Synchronisateur-In a commande programme./ Pyatakovich F., Erchov S. // Salon mondial de Brussels-Eureka des recherche et des nouvelles technologies. Catalogue officiel.5-12 octobre 1997. -P.233.

6. Пятакович Ф.А.. Биотехническая система для миллиметровой хронофизиотерапии. /Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И. // Тезисы V Международного конгресса «иммунореабилитация и реабилитация в медицине».- Тенерифе, Испания 1-7 мая 1999 г. - International Journal Immunorheabilitation. May. 1999.-Number 12, -с. 116.

7. Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И., Загускин С.Л.Патент № 2212879 от 27 сентября 2003 г. на изобретение Способ лечения осложненной язвенной болезни желудка и 12-ти перстной кишки при помощи биоуправляемой миллиметровой терапии. Приоритет от 25.01.2002 г.

8. Ф.А.Пятакович. 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.

9. Ф.А. Пятакович. Модели оптимизации режимов управления нейродинамической активностью мозга на основе анализа энтропийной функции. //Компьютерное моделирование 2004.Труды 5-й Международной научно-технической конференции. Часть 2. -Санкт-Петербург.2004. - С.75-77.

10. Пятакович Ф.А. Биоуправляемый индуктор электроэнцефалограммы для лечения синдрома дефицита внимания. / Ф.А. Пятакович, К.Ф.Макконен // Успехи современного естествознания. - Москва, 2006. -№5. - С.55-58.

11. Пятакович Ф.А. Низко частотные и высоко частотные модели световых веретен соответствующих паттернам электроэнцефалограммы человека в модуле директивной цветостимуляции. /Пятакович Ф.А., Макконен К.Ф. // Актуальные проблемы науки и образования, научная конференция с международным участием, ВАРАДЕРО (Куба), 20-30 марта 2006г. Современные проблемы науки и образования. - Москва, 2006. - №3. - С. 74-77.

12. Черниговская Н.В. Адаптивное биоуправление в неврологии.- Л.: Наука, 1978. - 134 с.

13. Шварц М.С. Современные проблемы биоуправления // Биоуправление-3.Теория и практика . -Новосибирск,1998.- С.91-102.

14. Штарк М.Б. Заметки о биоуправлении //Биоуправление -3. Теория и практика. -Новосибирск,1998.-С. 5-13.

15. Штарк М.Б.. Применение Электроэнцефалографического биофидбека в клинической практике. / М.Б. Штарк, А.Б.Скок. // Биоуправление -3. Теория и практика. -Новосибирск,1998.-С.130-141.

16. Штарк М.Б.. Компьютерное игровое биоуправление (семейный и сетевой вариант). / Штарк М.Б., Джафарова О.А., Зубков А.А. // Материалы 1-го Российского научного форума «МедКомТех 2003».Москва, ЦЦХ,25-28 февраля 2003. РАМН «Мораг Экспо». М. «Авиаиздат», 2003.- С. 242-245.

Biotechnical system of the playing training, realizing two strategies

Makkonen K.F., Pyatakovich F.A., Novochenko A.S.

Working the authors is dedicated to playing computer biocontrol. BOS-plays this new, quickly developing medical-sanitary technology on butting of medicine, physiologies, psychotherapy, electronicses and programming. In base biocontrol lies the universal principle to biological feedback: registered physiological parameter, subject to correction, through interface is sent on monitor, and patient, observing its physiological function development, is trained change it in necessary for treatment direction, using skills selfregulation.

The Principle to biological feedback allows the patient from passive object manipulate of the doctors to become the active subject of the medical process. Playing variant biocontrol is claimed and is guaranteed by unceasing groth stress level, bring about multiple psychic and psychosomatic diseases.

Designed computer playing simulator comprises of itself several playing plots, carrying evident or hidden nature of the competition. The Move of the competition is adjusted by track record of the relations registered physiological parameter of the pulse and breathings.

Win the competition a patient will be able in that event if learns to operate its physiological function situations virtual stress of the competition. The Colorful playing plots created with use of the modern multimedia facilities, raise the motivation drilling patient, promote more efficient fastening a skill in selfregulation.