

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОУПРАВЛЕНИЯ. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Е. Г. Вережкин, Л. В. Недорезов

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ПОВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ (В РЕЖИМЕ БИОУПРАВЛЕНИЯ) С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО ДВУМЕРНОГО КАРТИРОВАНИЯ

Институт молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, Новосибирск, Россия

Работа посвящена анализу сигналов, получаемых при проведении лечебного температурно-миографического биоуправления. Предлагается метод визуализации данных, позволяющий оценивать уровень успешности тренинга, характер стратегий, вырабатываемых испытуемыми, а также контролировать ход всего процесса и определять количество необходимых сеансов. Рассматривается классификация испытуемых, основанная на типах стратегий.

Ключевые слова: стратегии биоуправления, температурно-миографический тренинг, статистический анализ, плотность распределения.

Введение. Статистическому анализу сигналов (временных рядов, состоящих из значений мониторируемых показателей), получаемых в процессе БОС-тренинга, посвящено достаточно много работ (см., например, [1-6]). Основные цели, которые преследуются при проведении подобного анализа, заключаются не столько в обнаружении каких-либо взаимосвязей и закономерностей (естественно, это также присутствует в той или иной мере), сколько в решении сугубо практических задач: в выявлении потенциальных возможностей испытуемых, числа необходимых сеансов тренинга, в определении стратегии поведения и так далее.

Однако, хотя нахождение каких-либо зависимостей (например, регрессионных), различных числовых характеристик временных рядов, позволяет в той или иной степени оценить стратегию испытуемых во время проведения тренинга, при этом нередко от внимания исследователей ускользают особенности стратегий, их сугубо индивидуальные характеристики. В такой ситуации первостепенное значение приобретают «визуальные» методы анализа сигналов, которые позволяют не только выявить некоторые закономерности изменения показателей, но и оценить возможные перестройки в стратегиях испытуемых. В связи с этим можно указать, в частности, на работу [7], в которой предпринята попытка нетрадиционного анализа экспериментальных траекторий, получаемых в течение сеансов БОС-тренинга, с учетом возникающего запаздывания различной длительности. Традиционные методы анализа сигналов также нередко позволяют обнаружить интересные закономерности и взаимосвязи, возникающие между различными параметрами при проведении тренинга (см., например, [8, 9] и др.).

Настоящая работа также посвящена анализу экспериментальных траекторий двумерных сигналов, получаемых в процессе температурно-миографического БОС-тренинга, и анализу тех изменений, которые происходят в структуре фазовой плоскости как после проведения нескольких сеансов, так и в течение одного сеанса тренинга. Необходимо отметить, что использование рассматриваемого метода может оказаться полезным при оценке результатов сеансов тренинга.

Описание метода картирования. Во время проведения температурно-миографического БОС-тренинга регистрируются (через некоторые равные промежутки времени) два показателя - $x(t)$ и $y(t)$ - значения температуры кожи фаланги пальца и электромиограммы в соответствующий момент времени t . Объединяя эти значения попарно $(x(t), y(t))$, получаем некоторую точку, лежащую на фазовой плоскости «температура-миограмма» и характеризующую состояние испытуемого в данный момент времени. Располагая все экспериментальные точки, полученные во время сеанса тренинга, на фазовой плоскости, получаем некоторую «генерализованную картину», являющуюся своеобразной характеристикой стратегии, которой придерживался испытуемый во время всего сеанса. Более того, если рассматривать не все экспериментальные точки одновременно, а ограничиться только некоторой их частью, соответствующей какому-либо временному интервалу, то получаем совокупность «картин», показывающих, как именно протекал процесс тренинга, когда именно испытуемым предпринимались (и предпринимались ли вообще) попытки выработать какую-либо стратегию поведения и так далее.

На фазовой плоскости выделяются вполне определенные области, и расположение множества экспериментальных точек относительно границ этих областей служит характеристикой «успешности» проведенных сеансов тренинга. Для температурно-миографического тренинга (см., например, [9, 10] и др.) обучение саморегуляции считается успешным, если испытуемый на одном из сеансов БОС-тренинга достигает при нагревании рук 95°F и более или может поддерживать релаксацию мышц лба на уровне 1.1 mV и менее в течение 5-10 минут. Заметим сразу, что в этом общепринятом определении успешности нет требования не только о нагревании рук до 95°F и выше и релаксации мышц лба до уровня 1.1 mV и ниже в течение одного сеанса, но и тем более об одновременном выполнении этих условий в рамках одного сеанса, т.е. предполагается, фактически, однопараметрический БОС-тренинг. Реальные же требования к успешности обучения саморегуляции более жесткие: даже наличие нескольких сеансов, в течение которых пациент сумел повысить температуру рук до 95°F и выше, но ни в одном из сеансов не сумел достаточно расслабиться (миограмма порядка 2 mV и более), не давало возможности считать такой курс биоуправления успешным. Поэтому идеальными (в смысле успешности) можно считать лишь те сессии, в которых хотя бы в одном из сеансов оба условия выполняются одновременно.

В то же время для пациента, сумевшего в большинстве сеансов поддерживать релаксацию мышц лба на уровне значительно меньшем 1.1 mV (порядка 0.6-0.8 mV), и достаточно хорошо научившегося повышать температуру (94-95°F), результаты тренинга признавались успешными. Поэтому для условия одновременности повышения температуры и снижения миограммы требования можно сделать менее жесткими (например, для температуры рук - 94°F и выше, а для релаксации мышц лба на уровне 1 mV и менее в течение 5-10 мин).

С учетом этого следует рассматривать все множество экспериментальных точек относительно выделенных границ. По сути, выделенные границы делят всю фазовую плоскость на четыре области: область неуспешного тренинга (низкая температура и слабая релаксация мышц лба), две области успешного тренинга по одному из показателей (либо высокая температура, либо низкое значение миограммы) и область наиболее успешного тренинга. Заметим, что крайне редко возникают ситуации, когда все экспериментальные точки располагаются только в одной какой-либо выделенной части фазовой плоскости. Как правило, существует достаточно сильный разброс точек на плоскости, и именно поэтому «чисто визуально» определить уровень успешности сеанса тренинга не представляется возможным. Необходимо провести определенные исследования характера расположения экспериментальных точек на плоскости, чтобы оценить этот уровень.

Конечно, можно было бы непосредственно подсчитать число точек, лежащих в выделенных областях (очевидно, число точек пропорционально

времени пребывания системы в соответствующей области), и именно эта информация в некоторых случаях позволила бы дать достаточно хорошую оценку успешности сеанса тренинга. Но при таком подходе выявить стратегию испытуемого было бы крайне сложно. В такой ситуации целесообразно поступить иначе: восстановить плотность распределения (какими-либо известными методами статистики) либо по всей совокупности экспериментальных точек (для получения общей оценки сеанса тренинга), либо по каким-либо ее подмножествам (заметим, что последнее позволяет проследить весь процесс выработки испытуемым стратегией).

Восстановление плотности распределения позволяет не только определять достаточно точно количество максимумов функции и их взаиморасположение, но и, что весьма важно, визуально оценивать время пребывания системы в той или иной части плоскости (впрочем, не только визуально - очевидно, что интеграл от плотности по любой части плоскости пропорционален времени пребывания системы в этой части). Если плотность распределения экспериментальных точек на плоскости носит явно выраженный унимодальный характер (т. е. плотность имеет фактически только один максимум), то результаты тренинга следует оценивать по тому, в какой именно части фазовой плоскости располагается данный максимум. Наличие только одного максимума может свидетельствовать, в частности, о том, что имеется только одно состояние пациента - его обычное состояние, и никакой «работы» по повышению температуры и/или снижению миограммы испытуемым не проводилось. Однако если этот экстремум располагается в области, когда результаты тренинга могут быть признаны успешными, то это свидетельствует о том, что пациент достаточно быстро устанавливает новое состояние (вариант эффективного тренинга), и при этом «обычное», нормальное состояние системы никак не проявляется в расположении экспериментальных точек на фазовой плоскости (существование единственного экстремума в какой-либо одной из этих трех областей фазовой плоскости свидетельствует об эффективности сеанса тренинга, правда, либо по одному из показателей, либо по обоим показателям одновременно).

В общем случае не исключена ситуация, когда в процессе тренинга получается более сложная структура взаиморасположения экспериментальных точек на плоскости и плотность распределения имеет несколько явно выраженных экстремумов. В такой ситуации дать оценку результатов тренинга довольно сложно. Можно лишь предполагать, что формирование подобной структуры пространства может привести к неадекватному поведению испытуемого в стрессовых ситуациях. Полимодальность плотности распределения точек на плоскости может быть вызвана, в частности, тем, что у испытуемого не формируется единой стратегии по обоим показателям и наблюдается переключение с одного режима работы на другой.

Если «включение» пациента в процесс тренинга осуществляется постепенно, то тогда может сформироваться кластер из экспериментальных точек, соответствующий обычному («базовому») состоянию пациента, что также приводит к полимодальности плотности распределения. Возможно также формирование относительно небольших пиков плотности распределения, что показывает как направление (по отношению к обычному состоянию пациента), так и интенсивность попыток в выработке стратегии. Расположение этих небольших локальных экстремумов относительно наибольших максимумов показывает, прежде всего, насколько правильно или неправильно были восприняты испытуемым установки при проведении тренинга.

Если на фазовой плоскости наблюдаются два явно выраженных максимума плотности, то и в этом случае результаты тренинга нельзя признать удовлетворительными во всех случаях. А именно, если дополнительный максимум располагается в области, соответствующей большему значению температуры и меньшему значению миограммы (по отношению к максимуму, соответствующему обычному состоянию пациента), то результаты следует признать более успешными, чем таковые, когда второй максимум наблюдается при больших значениях температуры и миограммы, а также, когда второй максимум наблюдается при меньших значениях миограммы и температуры. В сущности, два последних варианта соответствуют не двухпараметрическому, а однопараметрическому тренингу, когда пациент не в состоянии улучшить значения обоих параметров, либо когда им неправильно восприняты предварительные установки.

Необходимо отметить, что результаты тренинга следует оценивать не только по тому, сколько сформировалось экстремумов у плотности распределения, не только по тому, как они располагаются друг относительно друга и границ областей оптимальных значений, но также и по их величине. Чем больше значение экстремума, чем больше интеграл от этой функции по некоторой окрестности экстремума, тем больше (по времени) система пребывает в соответствующей области фазовой плоскости. И, в частности, чем дольше пребывает система в области оптимальных значений параметров, тем эффективнее тренинг.

Анализ экспериментальных траекторий. На рис. 1 представлены результаты тренинга пациента, которые, в конечном итоге, были признаны неудовлетворительными. Практически во всех сеансах наблюдалась сходная картина с явно выраженным единственным максимумом, располагающимся в области с дограничными значениями мониторируемых параметров. Таким образом, в этом случае проведение 10 сеансов тренинга не привело ни к формированию еще одного устойчивого состояния (по отношению к «базовому» состоянию), ни к смещению экстремума в область фазового пространства, когда тренинг может быть признан успешным. В то же время

расположение небольших максимумов плотности свидетельствует о том, что пациентом предпринимались определенные попытки поиска стратегии поведения в сеансах тренинга. Заметим, что эти попытки проводились именно в направлении увеличения значений температуры, значение же миограммы при этом практически не менялось.

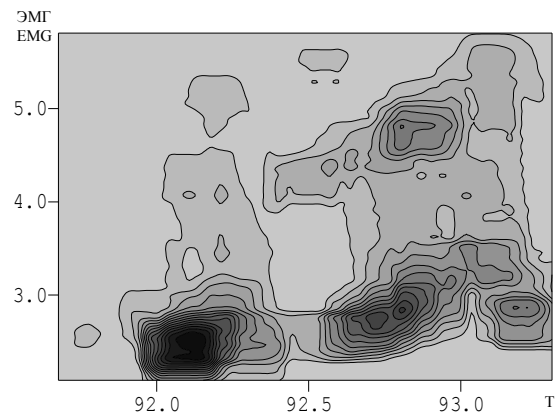
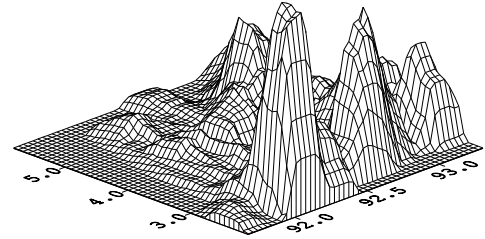


Рис. 1. Результаты тренинга пациента. Наибольший экстремум лежит вне области оптимальных значений параметров.

Fig. 1. Results of BFB-training for one patient. Maximum value of density is out of domain of optimal values of parameters.

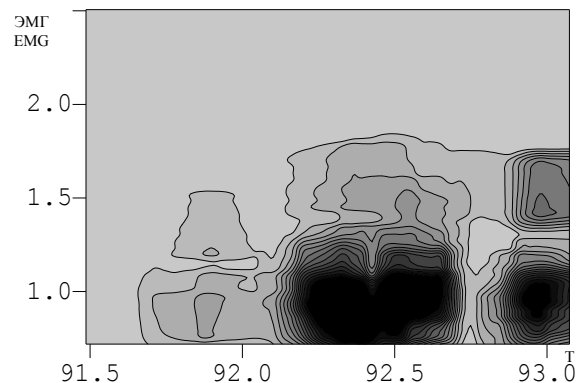
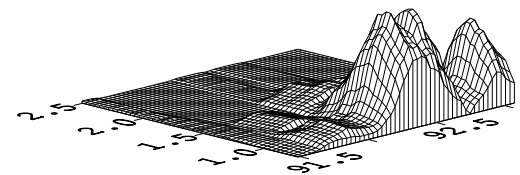


Рис. 2. Тренинг, в результате которого сформировался экстремум, лежащий в области оптимальных значений.

Fig. 2. Results of BFB-training. One of the peaks of density is in the domain of optimal values.

Необходимо также отметить, что на рис. 1 наблюдаются два достаточно больших пика плотности распределения, что, как уже было сказано выше, также свидетельствует о неэффективности проведенного тренинга.

На рис. 2 представлены результаты удачного тренинга, когда второй экстремум сформировался в области, соответствующей большему значению кожной температуры и меньшему значению миограммы (т.е. именно в той области, которая соответствует тренингу по обоим параметрам). Формирование еще одного экстремума (относительно небольшого по сравнению с первыми двумя) обусловлено тем, что в процессе тренинга возникающая усталость пациента приводила к довольно резкому «ухудшению» значений мониторируемых параметров, когда снижается значение температуры и растет значение миограммы.

Заметим, что экспериментальные точки, принадлежащие к области с максимальными значениями плотности, располагаются на плоскости специфическим образом: плотность распределения имеет форму «кратера». Неясно, чем же именно обусловлено подобное неустойчивое поведение системы в этой области фазовой плоскости.

Характер взаиморасположения максимумов может свидетельствовать о том, что стратегия поведения пациента по формированию экстремума в оптимальной области фазовой плоскости была сопряжена с одновременным повышением температуры и миограммы, что и привело к формированию экстремума в некоторой «средней» области (рис. 3). Этот экстремум значительно ниже трех других у данной плотности распределения, и к тому же, характер взаиморасположений линий уровня показывает, что пребывание системы в этой области имеет явно выраженное смещение (направленность) в сторону оптимальных значений параметров.

В целом результаты тренинга в рассмотренном случае следует признать более чем удовлетворительными. Экстремумы плотности реализованы в областях, соответствующих оптимальным значениям либо обоих параметров, либо одного из них.

Как и в предыдущем случае, на рис. 4 представлен вариант результатов тренинга, когда сформировались несколько явно выраженных экстремумов у плотности распределения.

Однако, в отличие от предыдущего варианта (рис. 3), здесь все экстремумы располагаются, в сущности, в одной области, близки по значениям и характеризуются как высокими значениями температуры, так и низкими значениями миограммы. И более того, практически вся область значений температуры и миограммы для данного сеанса принадлежит области оптимальных значений параметров, что позволяет считать рассматриваемого пациента успешно прошедшим обучение саморегуляции.

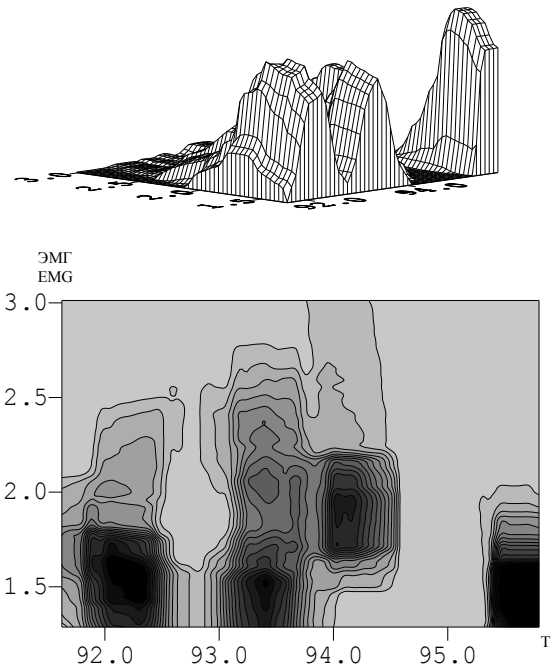


Рис. 3. Результаты тренинга, при которых произошло формирование нескольких экстремумов у плотности распределения. Наибольший максимум наблюдается в области с максимальным значением температуры и наименьшим значением миограммы

Fig. 3. Results of BFB-training. There are several extreme points of density. The maximum value of density in the part of plane with maximum value of temperature and minimum value of myogram.

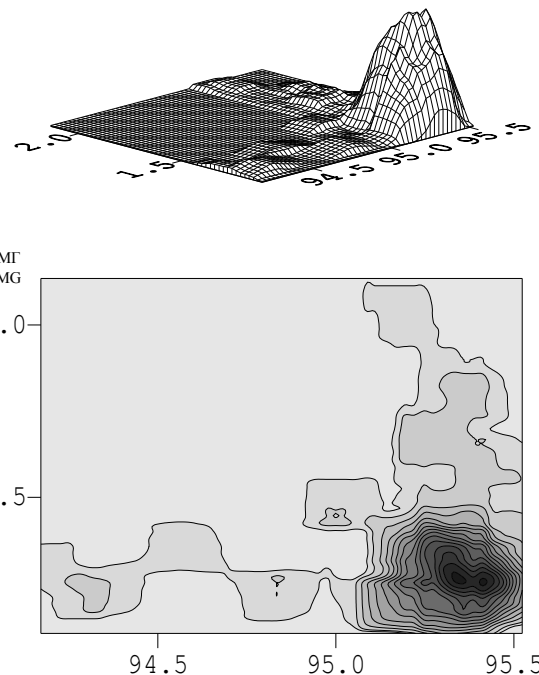


Рис. 4. Результаты тренинга, при котором произошло формирование нескольких экстремумов у плотности распределения

Fig. 4. Results of BFB-training. There are several nearest peaks of density.

Динамика экстремумов в течение одного сеанса. На рис. 5 (см. цветную вклейку) представлены результаты по восстановлению

плотности распределения экспериментальных точек на плоскости, наблюдаемые в течение одного сеанса тренинга. На первом из них (рисунки расположены по возрастанию времени слева направо и сверху вниз) представлена «базовая» ситуация, которая наблюдалась у испытуемого перед началом тренинга. Смещение максимума плотности распределения в область с более низким значением миограммы и чуть более высоким значением температуры, наблюдаемое на втором рисунке, свидетельствует о том, что первоначально данный испытуемый придерживался именно «двухпараметрической» стратегии (по обоим показателям). Это также означает, что вначале установки врача были им восприняты правильно.

Однако в дальнейшем наблюдается существенное ухудшение значений миограммы (даже по сравнению с базовыми показателями) при одновременном росте значений температуры. Иными словами, в дальнейшем испытуемый стал придерживаться только «однопараметрической» стратегии.

Гораздо более сложная ситуация прослеживается в течение одного сеанса тренинга у другого испытуемого (рис. 6). Если первоначально наблюдается как снижение значений миограммы (достаточно хорошее), так и некоторое небольшое увеличение температуры, то в дальнейшем происходит резкое ухудшение значений обоих показателей. При этом наблюдается хаотическое расположение точек на плоскости, плотность распределения носит явно выраженный полимодальный характер; все точки располагаются в области, соответствующей неэффективному тренингу.

Не исключено, что весь последний промежуток времени, когда все точки располагались в области неэффективного тренинга, происходила определенная перестройка стратегии поведения. Именно после этого наблюдается достаточно быстрая установка оптимальных значений показателей. Однако закрепить это состояние испытуемому не удается, что и приводит к ухудшению значений показателей и к формированию полимодальной плотности распределения. К концу же сеанса испытуемый снова возвращается, по сути дела, к первоначальному состоянию.

Оценить результаты данного сеанса тренинга достаточно трудно. Можно констатировать, что на определенное время испытуемый смог выработать некую стратегию поведения, что и позволило сформировать унимодальную плотность распределения с экстремумом, лежащим в соответствующей области. Насколько глубоко (хорошо) это закрепилось у испытуемого, можно выявить лишь анализируя характер протекания последующих сеансов тренинга.

Отметим, что данный метод идентификации типа стратегии испытуемых может быть несколько модифицирован. А именно, рассматривая только часть временных рядов (например, равных по количеству точек «базовому» варианту), можно на плоскости «температура-миограмма» построить, по

сути, непрерывные кривые, соответствующие изменению во времени расположения средних значений (что на рис. 5 и 6, очевидно, не просматривается) и максимумов плотности распределения. При такой модификации информация, получаемая в течение сеанса тренинга, будет более «концентрированной».

Динамика плотности распределения по нескольким сеансам. На рис. 7 представлены результаты по восстановлению плотности распределения (шесть сеансов для одного пациента). Как видно из этого рисунка, уже в течение первого сеанса тренинга испытуемому удалось выработать вполне определенную стратегию – наблюдается значительное смещение максимума плотности распределения в сторону оптимального значения показателя по температуре. Значения миограммы при этом существенно не изменились. Во время второго сеанса испытуемому удалось сформировать плотность с двумя экстремумами, причем один из них близок по своим характеристикам к тому, который проявился в течение первого сеанса. Второй экстремум лежит в области оптимальных значений. Сходная картина прослеживается и в течение третьего сеанса, однако один из экстремумов существенно ниже другого. Это может свидетельствовать о том, что навыки, приобретенные за первый сеанс, уступают место новым – наблюдается явное стремление к формированию единственного экстремума в области оптимальных значений. Именно это четко прослеживается на трех последних сеансах тренинга (рис. 7).

Таким образом, можно констатировать, что в течение всех шести сеансов тренинга у испытуемого первоначально сформировалась одна стратегия поведения (по сути, однопараметрический тренинг), которая в дальнейшем проявлялась все меньше и меньше. Окончательно же сформировалась стратегия, которая является двухпараметрической.

Более сложная картина представлена на рис. 8 по десяти сеансам тренинга другого испытуемого. Если в течение первого сеанса наблюдаются определенные попытки выработать какую-либо стратегию поведения (максимумы плотности располагаются в области как достаточно низких значений миограммы, так и довольно высоких значений температуры), то уже во втором сеансе сформировался максимум плотности в области неоптимальных значений показателей. Сходная структура плотности проявляется в третьем сеансе, однако наблюдаются и попытки сформировать максимум в области высоких значений температуры.

Эти тенденции проявляются и дальше (4 - 10 сеансы тренинга). Окончательного же формирования стратегии не наблюдается. Можно констатировать, что в основном в отдельных сеансах тренинга проявляется однопараметрический тренинг (по температуре). При этом каких-либо значительных снижений значений миограммы не наблюдается. Характеризуя в целом все сеансы тренинга, можно утверждать, что в данном случае БОС-тренинг является неэффективным.

Заключение. Статистический анализ множества экспериментальных траекторий по температурно-миографическому биоуправлению позволяет выделить несколько различных групп испытуемых по полученным результатам. К первой группе можно отнести тех пациентов, у которых структура пространства мониторируемых параметров существенно не меняется между сеансами тренинга и характеризуется наличием одного явно выраженного максимума у плотности распределения экспериментальных точек на плоскости в области, характеризуемой достаточно высоким значением миограммы и низким значением температуры.

Подобная структура пространства свойственна тем пациентам, которые не способны реализовать первоначальные установки тренинга, что не позволяет им сформировать дополнительные области устойчивости и изменить положение экстремума в сторону оптимальных значений параметров. Результаты тренинга для таких пациентов в большинстве случаев следует признать неуспешными.

Ко второй группе можно отнести тех пациентов, которые успешно реализуют предварительные установки тренинга и формируют единственную дополнительную устойчивую зону, где проявляется более высокое значение кожной температуры и более низкое значение миограммы. Для таких пациентов результаты тренинга следует считать наиболее успешными, если второй экстремум располагается в области оптимальных значений параметров.

Однако результаты тренинга следует признать успешными даже в том случае, если второй экстремум не располагается в области оптимальных значений, но наблюдается явное смещение (по отношению к первому, «базовому» максимуму) в соответствующую сторону и достаточно близко к зоне оптимальных значений.

Наконец, к третьей группе следует отнести пациентов, которые способны сформировать дополнительные области устойчивости, но каждая из формируемых областей проявляется в результате однопараметрического тренинга (либо по температуре, либо по миограмме), что во многих рассмотренных случаях приводит к формированию нескольких различных областей устойчивости системы. Для таких пациентов результаты тренинга не следует считать столь же успешными, как для представителей второй группы. Наличие нескольких устойчивых зон может привести к неадекватному поведению системы в стрессовых ситуациях.

Выделяется также четвертая группа, характеризующаяся достаточно сложным расположением экспериментальных точек на плоскости. Экстремумы плотности распределения располагаются вне зон оптимальных значений параметров; как правило, их несколько, что существенно затрудняет получение оценки результатов тренинга.

Заметим, что для подавляющего большинства пациентов, данные температурно-миографического тренинга которых были нами проанализированы, тенденции по формированию устойчивых дополнительных зон и их расположение на

плоскости достаточно четко прослеживались уже к третьему – четвертому сеансу тренинга. Таким образом, к этому моменту времени уже можно сделать предварительный вывод о необходимости и целесообразности продолжения тренинга и принадлежности пациента к той или иной выделенной группе.

Построение плотностей распределения не по всей исходной выборке сразу, а только по отдельным ее частям позволяет проследить (и, соответственно, оценить) весь ход формирования стратегий испытуемых в течение одного сеанса. Это также позволяет выделить отдельные участки времени, на которых испытуемый придерживался исходных установок, данных врачом, а также, когда эти установки менялись и испытуемый придерживался собственной, выработанной в процессе тренинга стратегии.

Литература.

1. Недорезов Л.В., Веревкин Е.Г. Модельная многопараметрическая оценка сеансов БОС-тренинга// Автотметрия. 1993. 2.- С. 11-14.
2. Веревкин Е.Г., Недорезов Л.В. Об одном методе двумерного статистического оценивания успешности биоуправления// Бюллетень Сибирского отделения РАМН. 1999. 1. - С.9-13.
3. Веревкин Е.Г., Недорезов Л.В. Дробно-линейная аппроксимация и некоторые статистические оценки сигналов температурно-миографического тренинга// Бюллетень Сибирского отделения РАМН. 1999. 1. - С.13-15.
4. Джафарова О.А., Изарова И.О., Иванова Н.Ю. Модель обучения и биоуправление (статистический анализ)// Биоуправление-3. Теория и практика. Новосибирск: ИМБК СО РАМН. 1998. - С. 242-251.
5. Шустерман В., Барнеа О. Связь между спектральными характеристиками кожной температуры и периферическими стресс-реакциями// Биоуправление-3. Теория и практика. Новосибирск: ИМБК СО РАМН. 1998. - С.61-68.
6. Загоруйко А.С., Захарова В.В., Трофимов О.Е., Штарк М.Б. О количественной оценке эффективности температурного и электромиографического БОС-тренинга и степени обучаемости ему пациентов (на примере гипертонической и язвенной болезней)// Бюллетень Сибирского отделения РАМН. 1999. 1. - С.15-23.
7. Фрумин Л.Л., Штарк М.Б. О фазовом портрете электрокардиограммы// Автотметрия. 1993. 2. - С.51-54.
8. Шубина О.С., Габова Н.Г., Джафарова О.А., Веревкин Е.Г. Метод электромиографического и температурного биоуправления у пациентов с различными личностными особенностями. Препринт N64. ИМБК СО РАМН. 1996.
9. Шубина О.С., Габова Н.Г., Веревкин Е.Г. Биоуправление в лечении и диагностике дистимических расстройств (предикторы эффективности)// Биоуправление-3. Теория и практика. Новосибирск. 1998.-С.110-120.

ANALYSIS OF PATIENT STRATEGIES (IN BIOFEEDBACK REGIME) WITH THE HELP OF TWO-DIMENSIONAL STATISTIC METHOD**E. G. Verevkin, L. V. Nedorezov***Institute for Molecular Biology and Biophysics, RAMS, Siberian Branch, Novosibirsk, Russia***Key words:** *strategy of biofeedback, temperature-myographic training, statistical analysis, density of distribution.*

At present paper there is the experimental trajectories analysis of temperature-myographic BFB-training. Analysis of point density on the phase plane (first of all, the states of extreme points of density with respect to some basic thresholds) allows to determine the main tendencies in the development of training process. Also it allows to obtain the qualitative conclusion about the effectiveness of BFB-training.

There are three different ways for analysis of experimental points. The first way correlates with constructing of «general (or integral) picture» which can be obtained under the reconstruction of point density for all experimental points of one session. This integral picture shows the number of peaks of density and its position on the plane, the sojourn times of the system at one or another part of phase plane etc.

The second way is the analysis of time series of densities during one session of training. The first density corresponds to the basic state of patient. Consideration of density dynamics allows to determine the character and tendencies of strategies of patient which he tries to realize during the session.

The third way is the analysis of time series of «integral pictures» which can be obtained after all sessions of training. It allows to obtain the final conclusion about the effectiveness of the training in general.

The analysis allowed to separate the group of experimental trajectories into several subdomains. The first subgroup contained trajectories which corresponded to BFB-training based both monitoring parameters (temperature and myogram). The second and the third groups contained the trajectories which corresponded to BFB-training based on one or another monitored parameter. And the last group contained trajectories without success.
