ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕВЕНТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ: КОРРЕКЦИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА НА ОСНОВЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ОТ СОБСТВЕННЫХ ЭНДОГЕННЫХ РИТМОВ ПАЦИЕНТА

[1]Федотчев А.И., [1]Бондарь А.Т., [2]Матрусов С.Г., [1]Семенов В.С., [3]Соин А.Г.

[1]Институт биофизики клетки РАН, г.Пущино

[2]Пущинский медицинский центр РАН, г.Пущино

[3]Радио-астрономическая обсерватория ФИАН, г.Пущино

Проанализирован наиболее эффективный подход к нелекарственной коррекции функциональных расстройств у человека, основанный на использовании обратной связи от эндогенных ритмических процессов пациента – ритмов ЭЭГ, ритма дыхания и ритма сердечных сокращений. Дано научное обоснование подхода, рассмотрены две основные его разновидности – адаптивное биоуправление с обратной связью (БОС) и модуляция параметров стимуляции эндогенными ритмами. Представлены собственные разработки с использованием данного подхода, намечены перспективные пути его дальнейшего развития.

1. Введение.

Хорошо известно, что многие факторы современной жизни - напряженный ритм работы, постоянные стрессы, недостаток сна и двигательных нагрузок, плохая экология и другие - вызывают нарушение механизмов адаптации и разнообразные функциональные расстройства, за которыми часто следует отказ защитных систем организма и болезнь [35, 38, 43, 47]. Не удивительно, что в этих условиях особенно востребованными являются все виды лечения, направленные на своевременное возвращение организма к оптимальному состоянию. И здесь едва ли поможет лекарственная терапия – уж очень часто она оказывается слишком «грубой», имеет побочные эффекты, вызывает привыкание и к тому же, как правило, снимает болезненные симптомы, не устраняя их природы. Поэтому на передний план выступают немедикаментозные методы системного воздействия, направленные на предотвращение и коррекцию функциональных нарушений в организме человека.

Ранее было отмечено, что из-за высокой потребности в таких средствах их разработка и внедрение нередко опережают научно обоснованные представления о механизмах осуществляемого воздействия, характере и особенностях оптимизируемых состояний [9]. Это обстоятельство существенно затрудняет сравнительный анализ существующих методов нелекарственной регуляции функционального состояния человека и оценку их эффективности [22]. Тем не менее, в данном сообщении выделен и детально рассмотрен подход, представляющийся наиболее перспективным как с точки зрения терапевтической эффективности, так и в отношении возможностей применения информационно-вычислительных технологий. Речь идет о методах лечебного воздействия, основанных на сигналах обратной связи от эндогенных ритмических процессов пациента - ритмов электрической активности мозга, электроэнцефалограммы (ЭЭГ), ритме дыхания и ритме сокращений сердца.

2. Эндогенные ритмы, регуляция состояний и обратная связь – обоснование подхода.

Известно, что система биопотенциалов мозга, сердечно-сосудистая и дыхательная системы тесно взаимосвязаны и составляют основу процессов гомеостатической регуляции. Они характеризуются высокой чувствительностью к действию внешних факторов и имеют близкие частотные параметры в сравнительно узком диапазоне от долей до десятков Гц [2, 19, 28]. Благодаря этому даже низкоинтенсивные, но ритмически организованные воздействия при условии совпадения их частоты с эндогенными ритмами организма могут

сопровождаться выраженными физиологическими эффектами, обусловленными резонансными механизмами смены биологических состояний [7, 12, 13]. Такие частоты внешних воздействий относятся к разряду биоэффективных [5, 24], а их использование считается перспективным путем оптимизации разнообразных терапевтических процедур [4, 18].

Важной особенностью ритмических процессов организма является высокая стабильность их частотных характеристик у каждого данного индивида при наличии значительного варьирования конкретных значений от пациента к пациенту [21, 26, 31]. Это означает, что наибольшая эффективность коррекционных процедур может быть достигнута только при точном соответствии их частотных параметров эндогенным ритмическим процессам данного субъекта. Именно этим достоинством обладают воздействия, использующие сигналы обратной связи от непосредственно регистрируемых собственных ритмов каждого пациента.

3. Типы коррекционных процедур с обратной связью от эндогенных ритмов.

К настоящему времени существует большое разнообразие методов коррекции функционального состояния человека с использованием принципа обратной связи. Их можно разделить на две категории в зависимости от того, как пациент воспринимает сигналы обратной связи - осознанно или неосознанно.

К первой группе относятся процедуры адаптивного биоуправления функциями с обратной связью (БОС). В них сигналы от эндогенных ритмов осознанно воспринимаются пациентом в ходе коррекционных процедур, помогая освоению навыка произвольного управления этими ритмами. В рамках данной группы в соответствии с видом регулируемого эндогенного ритма выделяются три подгруппы методов: ЭЭГ-БОС, БОС по дыханию и БОС по частоте сердцебиений.

Ко второй группе относятся коррекционные процедуры, в которых сигналы от эндогенных ритмов не осознаются пациентом, а используются для автоматической модуляции параметров лечебного воздействия. Ниже каждая из этих групп будет рассмотрена более подробно.

4. Адаптивное биоуправление функциями с обратной связью (БОС).

Метод БОС возник более 30 лет назад в результате выдающегося открытия, установившего, что функции организма, считавшиеся ранее непроизвольными и неподдающимися саморегуляции, могут при определенных условиях произвольно управляться человеком. Главным условием, составляющим суть метода БОС, является то, что человек посредством различных технических средств получает информацию о текущем состоянии своего организма. Оно может оцениваться, например, по биотокам мозга, степени напряжения мышц, частоте пульса, величине кровяного давления, ритму дыхания, температуре кожи и т.п. В соответствии с величиной регистрируемого показателя больному предъявляют определенные звуковые (например, музыкальные) или световые (вспышки лампочки) сигналы обратной связи. Цель метода БОС – научить человека «силой воли» регулировать упомянутые параметры в заданном направлении, ориентируясь на воспринимаемые свето-звуковые воздействия. Тренировки приводят к тому, что эта связь закрепляется, и даже в обычной обстановке, получив соответствующие сигналы от рецепторов, мозг начинает автоматически «нормализовать» нарушенные функции организма.

К немалым достоинствам этого безболезненного и безвредного метода лечения относятся его индивидуальная направленность и простота, а также привлечение самого пациента к процессу лечения настолько, что тот буквально видит (или слышит) результаты своих усилий. Поскольку современные информационно-вычислительные технологии позволяют регистрировать параметры функционирования практически любой ткани или органа человека и трансформировать их в соответствующие сигналы обратной связи, к настоящему времени существует обширная сфера клинического применения метода БОС в качестве

приема направленной регуляции функционального состояния и коррекции его неблагоприятных сдвигов.

4.1. Современное состояние и перспективы метода ЭЭГ-БОС.

Среди многих разновидностей БОС наиболее широкое распространение имеет метод БОС с обратной связью по параметрам электрической активности мозга, или электроэнцефалограммы (ЭЭГ). В основе этого лежит тот факт, что головной мозг человека является органом, осуществляющим синтез информации, контроль и регуляцию всех функций организма. Направленное изменение методом БОС биоэлектрических процессов вызывает активацию тех или иных структур мозга, одновременно изменяя состояние и других систем организма - сердечно-сосудистой, дыхательной, иммунной, сенсомоторной и др., тем самым приводя к требуемым лечебным эффектам [8, 42-44].

Обычно в процедурах ЭЭГ-БОС (часто называемых также нейротерапией или нейробиоуправлением) используется тот или иной ЭЭГ ритм, текущая амплитуда которого отражается в параметрах звуковых или световых сигналов обратной связи, предъявляемых пациенту с целью произвольного контроля выраженности данных ритмических компонентов (волн) ЭЭГ. Задача пациента состоит в том, чтобы добиться максимальной выраженности сигналов обратной связи путем использования индивидуальных психофизиологических стратегий.

Судя по данным литературы, с помощью ЭЭГ-БОС поддаются лечению более 20 различных заболеваний и функциональных расстройств. Среди них нервно-психические нарушения [16], депрессия и тревожность [32], головные боли [6], неспособность к обучению [60], эпилепсия [51, 62], тики и судорожные состояния [58], последствия мозговых травм [59] и др. В частности, при обучении пациентов усиливать выраженность бета-ритма ЭЭГ (14-20 Гц) с одновременным подавлением тета-ритма (4-8 Гц) удается корректировать состояния дефицита внимания и гиперактивности у детей [8, 50]. Овладение навыком произвольного контроля выраженности собственного альфа-ритма ЭЭГ (8-13 Гц) приводит к подавлению состояний тревожности, стресса и депрессии, коррекции аффективных расстройств и нервно-психических дизадаптационных отклонений [16, 32, 53].

В докладе на первой конференции ИВТН нами были представлены результаты применения ЭЭГ-БОС в акушерско-гинекологической клинике с целью коррекции психо-эмоциональных расстройств у беременных [20]. Было показано, что в результате освоения навыка направленной регуляции собственной ЭЭГ у пациенток наблюдались позитивные изменения показателей самочувствия и психоэмоционального состояния, снижение уровня стресса. Сделан вывод, что такие процедуры могут быть полезным дополнением к общепринятым средствам комплексной терапии патологии беременности.

Говоря о перспективах развития ЭЭГ-БОС, следует выделить ряд недавних публикаций, которые открывают новое направление исследований и новые возможные точки приложения информационно-вычислительных технологий. В исходных работах данного направления [64, 65] было показано, что для человека существует принципиальная возможность обучиться управлению курсором на экране компьютера с помощью ЭЭГ-БОС. Впоследствии на этой основе стали разрабатываться компьютерные системы, обеспечивающие возможность взаимодействия полностью обездвиженных или парализованных пациентов с компьютером непосредственно через ЭЭГ ритмы. Как правило, эти системы представляют собой специализированные комплексы ЭЭГ-БОС, с помощью которых пациент обучается управлять амплитудой собственных ритмов ЭЭГ и затем использовать этот навык для того, чтобы передвигать курсор к цели на экране видеодисплея [46, 63]. Если в качестве цели используются специальные символы-алгоритмы, соответствующие, например, командам <Enter> или <Esc> клавиатуры компьютера, пациент получает возможность управлять различными техническими приспособлениями или роботами и даже участвовать в видеоиграх [45, 49]. Хотя для практической реализации подобных проектов еще предстоит

преодолеть немало трудностей, к настоящему времени уже сформулированы основные проблемы и намечены пути их решения [46, 63].

4.2. БОС по дыханию.

Первые исследования с использованием обратной связи от ритма дыхания были посвящены тренировке пациентов произвольно замедлять собственное дыхание [52] и оптимизировать функциональное состояние мозга [27]. В этих работах отмечалась явная недооценка дыхательного ритма как произвольно регулируемого параметра в процедурах БОС. Можно констатировать, что в последние годы этот вид БОС интенсивно развивается.

Так, в клинических работах продемонстрирована высокая эффективность БОС по дыханию при лечении таких заболеваний и функциональных расстройств, как бронхиальная астма [1], мигрень [37], панические состояния [48] и состояния тревожности [57]. Использование БОС по дыханию может быть очень эффективным средством помощи для пациентов отделения реанимации, которые длительное время находятся в условиях искусственной вентиляции легких и часто испытывают трудности при возвращении к естественному дыханию [33].

Особое место занимают процедуры БОС, в которых используется тесная взаимосвязь между дыхательной и сердечно-сосудистой системами. Так, например, по изменениям пульса на вдохе и выдохе определяется такой показатель, как дыхательная аритмия сердца (ДАС). Известно, что ДАС является индикатором активности парасимпатической нервной системы и вегетативного баланса [56] и позволяет судить об общих регуляторных взаимосвязях в деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем [15]. Поэтому процедуры БОС с произвольной регуляцией ДАС эффективно используются для обучения пациентов релаксационно-диафрагмальному дыханию [15] и для увеличения вариабельности сердечного ритма [40]. Последний показатель очень важен в терапии сердечной недостаточности и успешно достигается больными в результате БОС процедур по контролю собственного дыхательного ритма [29].

4.3. БОС по сердечному ритму.

Процедуры БОС с использованием различных ритмических компонентов деятельности сердечно-сосудистой системы широко применяются в клинике. Так, например, показано, что выработка навыка произвольного управления частотой сердечных сокращений сопровождается улучшением состояния у больных неврозами [14, 25]. Предъявление пациентам длительности сердечного периода в качестве сигнала обратной связи способствует оптимизации деятельности симпатической нервной системы [34]. БОС по колебаниям кровяного давления эффективно используется при лечении гипертонии [55].

Особое место занимают процедуры БОС, использующие в качестве сигналов обратной связи такой показатель, как уровень вариабельности сердечного ритма. Этот прием успешно применяется при лечении астмы [41] и хронических заболеваний легких [30]. Считается, что высокая терапевтическая эффективность процедур БОС по вариабельности сердечного ритма достигается за счет резонансных явлений в сердечно-сосудистой системе, характеризующихся индивидуальными частотными параметрами для каждого пациента [61].

5. Автоматическая модуляция параметров воздействия эндогенными ритмами пациента.

Материалы предыдущего раздела убедительно демонстрируют преимущества использования эндогенных ритмов организма в процедурах адаптивного биоуправления с обратной связью (БОС). Однако известно, что сам метод БОС обладает серьезными ограничениями из-за трудностей, которые возникают у значительной части пациентов в ходе процедур. Эти трудности связаны с существованием между сознанием субъекта и центральными регуляторными механизмами мозга определенного порога, который для многих больных делает невозможным освоение навыка произвольной регуляции

собственных физиологических функций. Как показал анализ литературы, данный порог может объясняться неспособностью пациента к перцептивному контролю физиологических состояний, сниженным уровнем осознанности субъективных реакций или с комбинацией этих индивидуальных свойств пациента [22].

Перспективным путем преодоления указанных ограничений метода БОС является такой вариант использования сигналов обратной связи, при котором они не осознаются субъектом, а служат для автоматической модуляции параметров лечебного воздействия. Имеющиеся в литературе отдельные сведения об особой эффективности разных видов стимуляции, модулированной эндогенными ритмами пациента, свидетельствуют в пользу данного утверждения.

Так, при хронических болезнях мозга и нервов наилучшим образом дозируемым, очень щадящим и очень эффективным способом является точечная лечебная электрическая стимуляция с применением слабого синусоидального тока, колеблющегося в периоде медленноволновых компонентов ЭЭГ пациента [3]. Электрическая стимуляция мышц, модулируемая по амплитуде собственными ЭЭГ ритмами пациента, оказалась эффективным лечебным средством даже при таком устойчивом к терапии заболевании, как фибромиалгия [54]. Модуляция ЭЭГ ритмами пациента световых ритмических воздействий сопровождается выраженным лечебным эффектом при депрессии [39] и при явных формах невропатии [36]. Имеются также единичные примеры эффективности воздействий, модулируемых другими эндогенными ритмами. Так, успешная коррекция функционального состояния человека-оператора достигается как при модуляции электрических раздражений частотой сокращений сердца [11], так и в результате аудио-визуальных воздействий, модулируемых частотой дыхания субъекта [17].

В наших недавних исследованиях и разработках мы также применили прием автоматической модуляции параметров коррекционных процедур собственными эндогенными ритмами пациента. Одна из таких разработок уже была представлена на предыдущей конференции ИВТН и касалась коррекции стресс-вызванных расстройств с помощью аудио-визуальных воздействий. Ее отличительной особенностью является использование обратной связи от биопотенциалов мозга пациента как для сознательной регуляции ЭЭГ ритмов методом БОС, так и для автоматической модуляции параметров аудио-визуальной стимуляции [23].

Другая разработка направлена на создание технологии обезболивания с помощью электрической стимуляции, параметры которой автоматически модулируются ритмом дыхания пациента. В разработанном микропроцессорном устройстве сигналы от респираторного датчика используются в нескольких режимах – для амплитудной и частотной модуляции электрических импульсов и для формирования интерференционных токов, модулируемых дыханием пациента. Более детально данная разработка рассмотрена в отдельном докладе на этой конференции [10].

Заключение.

Представленные материалы позволяют утверждать, что как метод биоуправления с обратной связью от эндогенных ритмов пациента, так и прием автоматической модуляции этими ритмами параметров лечебных воздействий являются перспективными путями развития нелекарственных методов коррекции функциональных нарушений в организме человека.

Проведенный анализ литературы и результаты собственных исследований дают основание предполагать, что дальнейший прогресс данного направления будет определяться уровнем развития информационно-вычислительных технологий и степенью их вовлечения в разработку новых методов. Именно за счет современных компьютерных технологий будут совершенствоваться основные его компоненты: точная регистрация текущих электрофизиологических процессов, адекватный анализ полученной информации в реальном

времени и формирование на ее основе сигналов обратной связи, которые должны подаваться пациенту с минимальной задержкой и в доступной для его восприятия форме.

Основными путями дальнейшего развития данного направления представляются:

- оптимальное сочетание БОС и модуляционного подходов;
- одновременное использование разных эндогенных ритмов пациента в качестве сигналов обратной связи;
- расширение спектра модулируемых этими ритмами физических факторов за счет добавления электромагнитных, лазерных, вибрационных и других видов воздействий.

Литература.

1. *Анохин М.И., Сергеев В.Н., Доманский В.Л.* Коррекция дыхания в лечении бронхиальной астмы с помощью обратной связи // Мед.техника. 1996. № 1. С. 26-29.
2. *Беркутов А.М., Злотников Л.М., Онищенко Г.Г., Ступаков Г.П.* Фундаментальные основы комплексной хрономагнитотерапии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника // 2003. № 7. С. 4-12.
3. *Бехтерева Н.П.* Электрическая стимуляция мозга и нервов у человека. Л.: Наука, 1990.
4. *Боголюбов В.М., Зубкова С.М.* Пути оптимизации параметров физиотерапевтических воздействий // Вопр.курортол.физиотерап. леч.физкульт. 1998. № 2. С. 3-6.
5. *Гуржин С.Г., Онищенко Г.Г., Прошин Е.М., Щербинина Н.В.* Методы комплексного формирования биоэффективных частот и пространственно-скоростных параметров магнитотерапевтического воздействия // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. № 7. С. 13- 24.
6. *Джунусова Г.С., Курмашев Р.А.* Использование адаптивного биоуправления по ЭЭГ для коррекции функционального состояния неврологических больных // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 1. С. 18-22.
7. *Кольс О.Р., Максимов Г.В., Ревин В.В., Федоров Г.Е.* Биофизический подход к исследованию физиологических процессов // Биофизика. 2000. Т. 45. № 3. С. 547-551.
8. *Кропотов Ю.Д., Пономарев В.А., Гринь-Яценко В.А.* Метод ЭЭГ-биоуправления в лечении синдрома нарушения внимания и гиперактивности у детей //Физиология человека. 2001. Т. 27. № 4. С. 126-135.
9. *Леонова А.Б.* Психологическая саморегуляция и профилактика неблагоприятных функциональных состояний // Психологический журнал. 1988. Т. 9. № 3. С. 43-52.
10. *Матрусов С.Г., Федотчев А.И.* Процедуры обезболивания с помощью электростимуляции, модулируемой дыханием пациента // Материалы 5-й Конф. “Информационно-вычислительные технологии в науке (ИВТН-2006)”. М., 2006.
11. *Панченко В.С., Епишкин А.К., Мухин В.А. и др.* Коррекция функционального состояния человека с помощью кардиосинхронной электромиостимуляции. В кн.: «Психофизиологический эксперимент. Методическое и техническое обеспечение». М.: Наука, 1990. С. 50-55.
12. *Первушин Ю.В.* Резонансные механизмы смены биологических состояний // Биофизика. 1991. Т. 36. № 3. С. 534-536.
13. *Подколзин А.А., Донцов В.И., Попонин В.П., Шепеленко А.М.* Физико-химические и биологические основы действия факторов малой интенсивности // Успехи соврем.биологии. 1994. Т. 114. № 2. С. 160-170.
14. *Сидоров Ю.А., Василевский Н.Н.* Физиологические проблемы биоуправления с обратной связью по частоте сердечного ритма // Физиол.журн. им. И.М.Сеченова. 1994. Т. 80. № 2. С. 1-7.

15. *Сметанкин А.А.* Метод биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца – путь к нормализации центральной регуляции дыхательной и сердечно-сосудистой систем // Биологическая обратная связь. 1999. № 1. С. 18-29.
16. *Сороко С.И., Мусуралиев Т.Ж., Комаровер И.Н., Соложенкин В.В.* Коррекция нервно-психических дизадаптационных нарушений с помощью метода функционального биоуправления с ЭЭГ-обратными связями // Физиология человека. 1995. Т. 21. № 6. С. 14-28.
17. *Турзин П.С., Евдокимов А.В., Нехорошев В.П.* Влияние индивидуально-адаптивной психофизиологической коррекции на работоспособность оператора // Физиология человека. 1996. Т. 22. № 2. С. 112-117.
18. *Улащик В.С.* Физиотерапия в современной медицине, ее достижения и перспективы развития // Вопр.курортол.физиотерап.леч.физкульт. 2003. № 1. С. 67-69.
19. *Федоров Б.М.* Головной мозг и сердце. К проблеме волнового поля человека // Физиология человека. 2001. Т. 27. № 4. С. 42-49.
20. *Федотчев А.И., Бондарь А.Т.* Компьютерная технология адаптивного биоуправления функциями с обратной связью на основе резонансных свойств ЦНС // 1-я Нац. Конф. “Информационно-вычислительные технологии в науке (ИВТН-2002)”. М., 2002. С. 151-152.
21. *Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Акоев И.Г.* Ритмическая структура ЭЭГ человека: современное состояние и тенденции исследований // Успехи физиол. наук. 2000. Т. 31. № 3. С. 39-53.
22. *Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Ким Е.В.* Адаптивное биоуправление с обратной связью и контроль функционального состояния человека // Успехи физиол.наук. 2002. Т. 33. № 3. С. 79-96.
23. *Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Семенов В.С., Соин А.Г.* Свето-звуковые воздействия, формируемые на основе биопотенциалов мозга пациента, в лечении стресс-вызванных расстройств // 4-я Конф. “Информационно-вычислительные технологии в науке (ИВТН-2005)”. М., 2005. С. 37.
24. *Хабарова О.В.* Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. № 5-6. С. 56-66.
25. *Черниговская И.В., Ващилло Е.Г., Петраш В.В., Русановский В.В.* Произвольная регуляция частоты сердечных сокращений как метод коррекции функционального состояниия больных неврозом // Физиология человека. 1990. Т. 16. № 2. С. 58-64.
26. *Batchvarov V.N., Ghuran A., Smetana P. et al.* QT-RR relationship in healthy subjects exhibits substantial intersubject variability and high intrasubject stability // Am.J.Physiol.Heart Circ.Physiol. 2002. V. 282. N 6. P. H2356-H2363.
27. *Blumenstein B., Breslav I., Bar-Eli M. et al*. Regulation of mental states and biofeedback techniques: effects on breathing pattern // Biofeedback Self-Regul. 1995. V. 20. N 2. P. 169-183.
28. *Corne S., Bshouty Z.* Basic principles of control of breathing // Respir.Care Clin.N.Am. 2005. V. 11. N 2. P. 147-172.
29. *Del Pozo J.M., Gevirtz R.N., Scher B., Guarneri E*. Biofeedback treatment increases heart rate variability in patients with known coronary artery disease //Am.Heart J. 2004. V. 147. N 3. P. E11.
30. *Giardino N.D., Chan L., Borson S.* Combined heart rate variability and pulse oximetry biofeedback for chronic obstructive pulmonary disease: preliminary findings // Appl.Psychophysiol.Biofeedback. 2004. V. 29. N 2. P. 121-133.
31. *Hamalainen R.P., Kettunen A.* Stability of Fourier coefficients in relation to changes in respiratory air flow patterns // Med.Eng.Phys. 2000. V. 22. N 10. P. 733-739.

32. *Hammond D.C.* Neurofeedback with anxiety and affective disorders // Child Adolesc.Psychiatr.Clin.N.Am. 2005. V. 14. N 1. P. 105-123.
33. *Hannich H.J., Hartmann U., Lehmann Ch. et al.* Biofeedback as a supportive method in weaning long-term ventilated critically ill patients // Med.Hypotheses. 2004. V. 63. N 1. P. 21-25.
34. *Hatch J.P., Borcherding S., German C.* Cardiac sympathetic and parasympathetic activity during self-regulation of heart period // Biofeedback Self.Regul. 1992. V. 17. N 2. P. 89-106.
35. *Jacobs G.D.* The physiology of mind-body interactions: the stress response and the relaxation response // J.Altern.Complement.Med. 2001. V. 7. Suppl. N 1. P. S83-S92.
36. *Kamei T., Toriumi Y., Kumano H. et al.* Use of photic feedback as an adjunct treatment in a case of Miller Fisher syndrome // Percept.Mot.Skills. 2000. V. 90. N 1. P. 262-264.
37. *Kaushik R., Kaushik R.M., Mahajan S.K., Rajesh V.* Biofeedback assisted diaphragmatic breathing and systematic relaxation versus propranolol in long term prophylaxis of migraine // Complement.Ther.Med. 2005. V. 13. N 3. P. 165-174.
38. *Korte S.M., Koolhaas J.M., Wingfield J.C., McEwen B.S.* The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease // Neurosci.Biobehav.Rev. 2005. V. 29. N 1. P. 3-38.
39. *Kumano H., Horie H., Shidara T. et al.* Treatment of a depressive disorder patient with EEG-driven photic stimulation // Biofeedback Self-Regul. 1996. V. 21. N 4. P. 323-334.
40. *Lehrer P.M., Vaschillo E., Vaschillo B.* Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training // Appl.Psychophysiol.Biofeedback. 2000. V. 25. N 3. P. 177-191.
41. *Lehrer P.M., Vaschillo E., Vaschillo B. et al.* Biofeedback treatment for asthma //Chest. 2004. V. 126. N 2. P. 352-361.
42. *Lubar J.F.* Neocortical dynamics: implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention // Appl.Psychophysiol.Biofeedback. 1997. V. 22. N 2. P. 111-126.
43. *Lutgendorf S.K., Costanzo E.S.* Psychoneuroimmunology and health psychology: an integrative model // Brain Behav.Immun. 2003. V. 17. N 4. P. 225-232.
44. *Makeig S., Enghoff S., Jung T.P., Sejnowski T.J.* A natural basis for efficient brain-actuated control // IEEE Trans.Rehabil.Eng. 2000. V. 8. N 2. P. 208-211.
45. *Mason S.G., Bohringer R., Borisoff J.F., Birch G.E.* Real-time control of a video game with a direct brain--computer interface // J.Clin.Neurophysiol. 2004. V. 21. N 6. P. 404-408.
46. *McFarland D.J., Wolpaw J.R.* Sensorimotor rhythm-based brain-computer interface (BCI): feature selection by regression improves performance // IEEE Trans.Neural Syst.Rehabil.Eng. 2005. V. 13. N 3. P. 372-379.
47. *McFarlane A., Clark C.R., Bryant R.A. et al.* The impact of early life stress on psychophysiological, personality and behavioral measures in 740 non-clinical subjects // J.Integr.Neurosci. 2005. V. 4. N 1. P. 27-40.
48. *Meuret A.E., Wilhelm F.H., Roth W.T.* Respiratory feedback for treating panic disorder // J.Clin.Psychol. 2004. V. 60. N 2. P. 197-207.
49. *Millan Jdel R., Renkens F., Mourino J., Gerstner W.* Noninvasive brain-actuated control of amobile robot by human EEG // IEEE Trans.Biomed.Eng. 2004. V. 51. N 6. P. 1026-1033.
50. *Monastra V.J., Lynn S., Linden M. et al.* Electroencephalographic biofeedback in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder // Appl.Psychophysiol.Biofeedback. 2005. V. 30. N 2. P. 95-114.
51. *Monderer R.S., Harrison D.M., Haut S.R.* Neurofeedback and epilepsy // Epilepsy Behav. 2002. V. 3. N 3. P. 214-218.

52. *Montgomery G.T.* Slowed respiration training // Biofeedback Self-Regul. 1994. V. 19. N 3. P. 211-226.
53. *Moore N.C.* A review of EEG biofeedback treatment of anxiety disorders // Clin.Electroencephalogr. 2000. V. 31. N 1. P. 1-6.
54. *Mueller H.H., Donaldson C.C., Nelson D.V., Layman M.* Treatment of fibromyalgia incorporating EEG-Driven stimulation: a clinical outcomes study // J.Clin.Psychol. 2001. V. 57. N 7. P. 933-952.
55. *Nakao M., Nomura S., Shimosawa T. et al.* Blood pressure biofeedback treatment of white-coat hypertension // J.Psychosom.Res. 2000. V. 48. N 2. P. 161-169.
56. *Reyes del Paso G.A., Godoy J., Vila J.* Self-regulation of respiratory sinus arrhythmia // Biofeedback Self-Regul. 1992. V. 17. N 4. P. 261-275.
57. *Roth W.T.* Physiological markers for anxiety: panic disorder and phobias // Int.J.Psychophysiol. 2005. V. 58. N 2-3. P. 190-198.
58. *Sterman M.B.* Basic concepts and clinical findings in the treatment of seizure disorders with EEG operant conditioning // Clin.Electroencephalogr. 2000. V. 31. N 1. P. 45-55.
59. *Thatcher R.W.* EEG operant conditioning (biofeedback) and traumatic brain injury // Clin.Electroencephalogr. 2000. V. 31. N 1. P. 38-44.
60. *Thornton K.E., Carmody D.P.* Electroencephalogram biofeedback for reading disability and traumatic brain injury // Child Adolesc.Psychiatr.Clin.N.Am. 2005. V. 14. N 1. P. 137-162.
61. *Vaschillo E., Lehrer P., Rishe N., Konstantinov M.* Heart rate variability biofeedback as a method for assessing baroreflex function: a preliminary study of resonance in the cardiovascular system // Appl.Psychophysiol.Biofeedback. 2002. V. 27. N 1. P. 1-27.
62. *Walker J.E., Kozlowski G.P.* Neurofeedback treatment of epilepsy // Child Adolesc.Psychiatr.Clin.N.Am. 2005. V. 14. N 1. P. 163-176.
63. *Wolpaw J.R., Birbaumer N., McFarland D.J., Pfurtscheller G., Vaughan T.M.* Brain-computer interfaces for communication and control // Clin.Neurophysiol. 2002.V. 113. N 6. P. 767-791.
64. *Wolpaw J.R., McFarland D.J.* Multichannel EEG-based brain-computer communication // EEG Clin.Neurophysiol. 1994. V. 90. N 6. P. 444-449.
65. *Wolpaw J.R., McFarland D.J., Neat G.W., Forneris C.A.* An EEG-based brain-computer interface for cursor control // EEG Clin.Neurophysiol. 1991. V. 78. N 3. P. 252-259.