

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ПСИХОДИАГНОСТИКА И ПСИХОТЕРАПИЯ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ СРЕДСТВАМИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

УДК 616

Косов И.С.

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава РФ, г. Москва, Россия

PSYCHOPHYSIOLOGICAL CORRECTION OF MOTOR DISFUNCTIONS BY MEANS OF FUNCTIONAL BIOCONTROL IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

Kosov I.S.

«Central Scientific-Research Institute of Traumatology and orthopedics n.a. N.N. Priorova», Moscow, Russia

Введение

В современных представлениях о патогенезе двигательных нарушений при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательного аппарата основное место отводится снижению уровня афферентации и расстройству биологических обратных связей, что способствует разрыву функциональных цепей биоуправления.

Попытки алгоритмизации отношений функциональных элементов нервно-мышечной системы нашли отражение в ряде работ: теории сенсорных коррекций (Бернштейн Н.А.; 1947), теории функциональных систем (Анохин П.К.; 1954), теории управления, базирующейся

на кибернетическом подходе (Нойк J.C.; 1980) и др. Для обеспечения координации мышечной деятельности необходимо взаимодействие ряда функциональных элементов нейромышечной системы. Эта система организована как замкнутый контур (Рис. 1а). Повреждение рецепторного звена способствует разрыву контура и разрушению обратных афферентных связей, необходимых для саморегуляции системы, что в свою очередь приводит к различным двигательным нарушениям (Рис. 1б).

Пациент «забывает» как нужно выполнять движение, не способен выполнять активные движения с заданной амплитудой, в нужном темпе и т.п. Т.е. утрачиваются привычные,

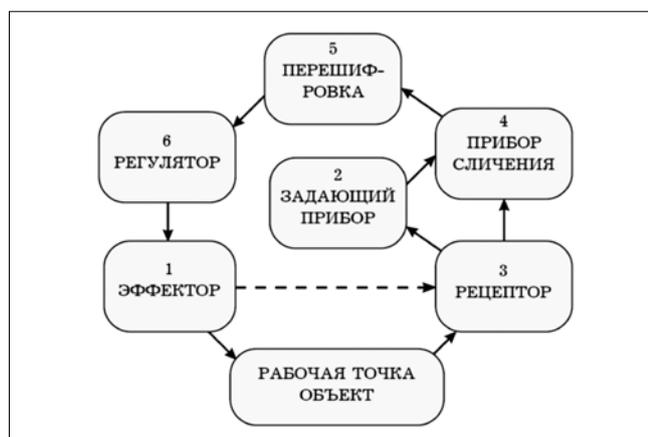


Рис. 1а. Схема взаимодействий элементов саморегулирующейся системы двигательного аппарата.

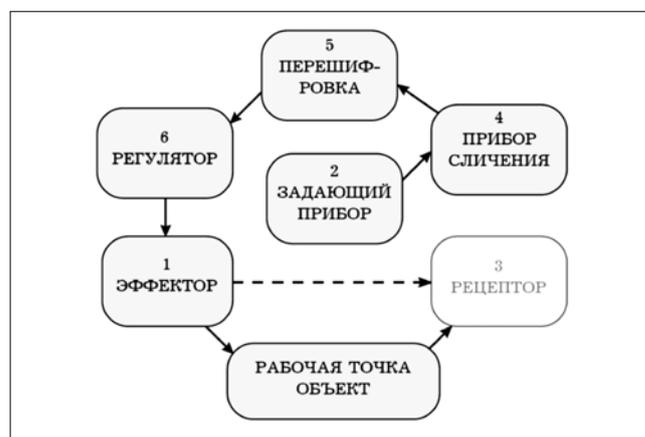


Рис. 1б. Схема взаимодействий элементов саморегулирующейся системы при развитии дефицита афферентации.

подчас элементарные двигательные навыки, а это существенно затрудняет процесс реабилитации, увеличивает сроки восстановления двигательной функции.

Следует отметить, что для реализации двигательного навыка требуется четкая организация движений, которая условно разделяется на три уровня управления. К уровню «А», относятся простые составляющие движений: это тонус, сила, координация деятельности мышц-антагонистов. Все они входят в компетенцию сегментарного аппарата спинного мозга. Уровень «В», обеспечивает согласованность в работе мышц на подсознательном уровне, что необходимо для регуляции ходьбы и т.п. Осознанные управляемые движения контролируются на другом уровне. Его обозначают как уровень «С». Этот уровень обеспечивает целенаправленные перемещения в пространстве и воздействие на элементы внешнего мира.

Необходимо обратить внимание на то, что при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательного аппарата нарушается регуляция движений на уровнях «А» и «В».

Отмечается значительное снижение функциональных возможностей мышц, а именно – понижение возбудимости, лабильности и, как следствие, – выраженное ухудшение интегральных показателей их функции – силы, работоспособности и выносливости. Нарушается координация мышечной деятельности, пациенты утрачивают большинство двигательных навыков.

В последние годы наряду с общепринятыми методами лечения для коррекции нарушенных двигательных функций используют приемы биоуправления с обратными связями.

Первые сообщения о возможности обучения произвольному контролю мышечной деятельности с помощью электромиографа появились около 60 лет назад. Но лишь в последнее десятилетие появились промышленные образцы терапевтических приборов. Применение этих приборов позволяет создать искусственный канал афферентации. Внешняя обратная связь занимает место рецептора, включаясь параллельно ему, в результате замыкается разорванный контур регуляции мышечной деятельности (Рис. 1в).

Процессы восприятия афферентной информации складываются в цепь явлений объективного и субъективного порядка. При действии внешних и внутренних стимулов происходит возбуждение афферентных сенсорных нервных волокон, активность которых интегрируется в сенсор-

ных зонах головного мозга и формируется сенсорное впечатление – ощущение, на основе которого формируется двигательная задача и генерируются эфферентные сигналы. В основе субъективных феноменов – ощущений – лежат объективные гистохимические процессы, протекающие в нервной системе (Рис. 2).

Воздействие стимула на рецепторы приводит к определенному восприятию, что потенцирует реакцию в виде поведения. На рисунке 3 приведено схематичное изображение путей афферентного потока информации, переключений в них и их функций. В центральной нервной системе различаются два уровня переработки сигналов от рецепторов: уровень афферентных систем и уровень интегративных и эфферентных систем. Опосредованное сенсорными стимулами адаптивное поведение состоит из восприятий и реакций с когнитивным (включающим сознательное опознание), аффективным (включающим чувства), мотивационным (включающим драйвы), двигательным и вегетативным компонентами.

Характер восприятия зависит от ассоциативных связей в определенной области коры головного мозга, накопленных в процессе формирования функциональных зон и несущих в себе свойства, которые можно охарактеризовать как опыт. Экспериментальные сравнительно-анатомические исследования, изучение особенностей поведения, а также физиологические работы с использованием метода раздражения или метода выключения отдельных участков мозга позволили констатировать наличие отчетливой иерархической организации всех действующих систем головного мозга (зрительная, слуховая, общечувствительная, двигательная).

В основе каждой из них лежат первичные (проеекционные) зоны, куда приходят афферентные и откуда отправляются эфферентные импульсы, при этом воспринимаемая информация подготавливается к дальнейшей обработке во вторичных зонах коры. Надстроенные над первичными зонами вторичные зоны относятся к области субъективной сенсорной физиологии и способны к анализу и синтезу поступающей информации, кодированию, интеграции сенсорной информации, хранению материала чувственного опыта, а также к подготовке сложных двигательных программ. Наконец, над этими зонами надстраиваются третичные зоны коры – зоны перекрытия, играющие особенно важную роль в функциональной организации мозга и обеспечивающие совместную

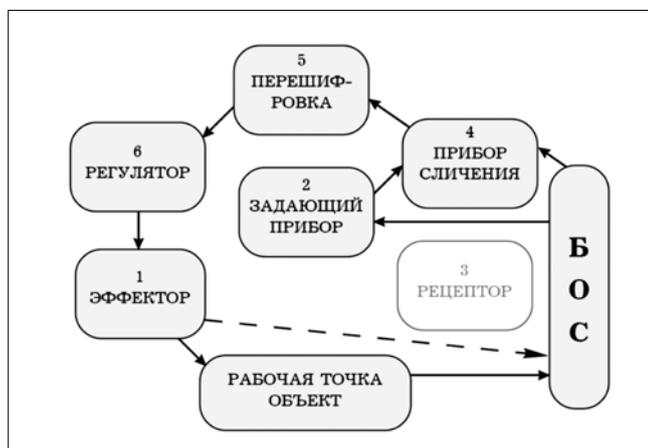


Рис. 1в. Схема взаимодействий элементов саморегулирующейся системы при создании внешнего канала афферентации с помощью БОС.

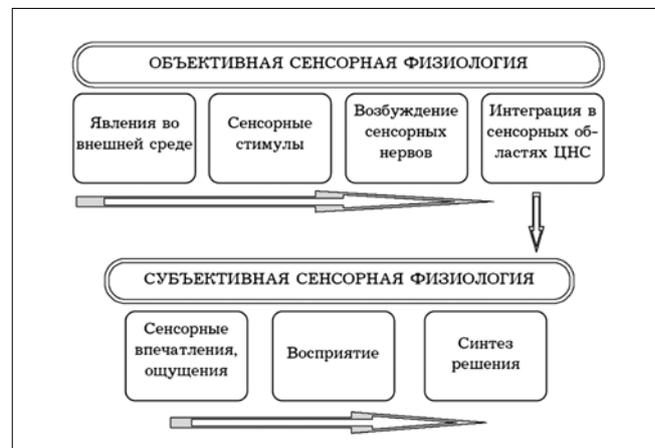


Рис. 2. Соотношение объективных и субъективных феноменов в структуре процесса принятия решения.

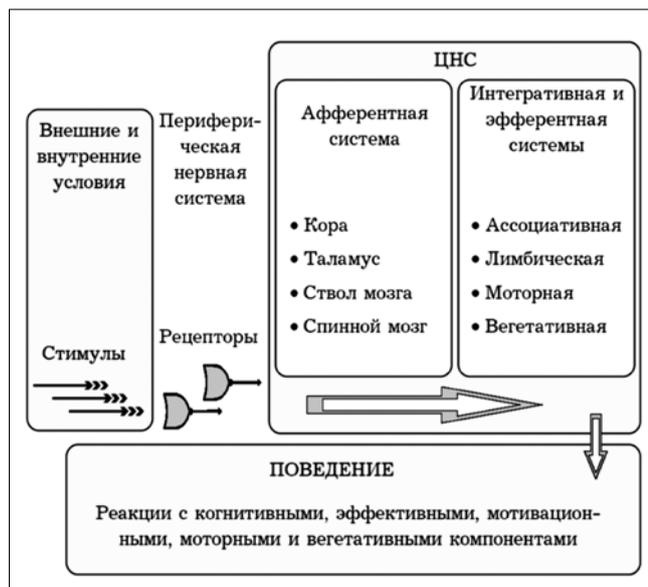


Рис. 3. Схема путей афферентного потока информации.

работу отдельных анализаторов. Они ответственны за формирование планов и программ поведения, регуляцию и контроль человеческой деятельности.

Синтез решения и начальный этап реализации движения выражается в селективном возбуждении двигательных нейронов первичной – проекционной зоны коры и генерации эфферентных импульсов, распространяющихся на соответствующие мотонейроны сегментов спинного мозга.

На сегментарном уровне в системе биоуправления главенствуют рефлекторные связи, одно из основных предназначений которых – поддержание стабильности в суставах, как в покое, так и при движении. Взаимоотношения элементов рефлекторных дуг реализуются посредством генерации, восприятия и обработки биоэлектрических сигналов.

В то же время крайне важное значение имеют биохимические – гуморальные связи мотонейронов и мышечных волокон посредством аксонного орто- и ретроградного транспорта веществ. Среди них присутствуют синтезированные в теле мотонейрона низкомолекулярные белки, т.н. факторы трофики, влияющие исключительно на метаболизм в мышечных волокнах. Ретроградный транспорт, доставляет в нейроны аналогичные информационные факторы с периферии в которых закодирована информация о состоянии рабочих мышечных волокон и служит главным фактором для регуляции синтеза белков в теле нейрона.

Обмен биохимическими субстанциями между мотонейроном и мышечным волокном обеспечивает поддержание некоторого уровня энергетических процессов в мышце, достаточного для удовлетворения потребности в сокращении в соответствии с ее функциональной востребованностью. Ограничение этой востребованности при ряде патологических состояний сопровождается снижением функциональной активности нервно-мышечного сопряжения и обуславливает перевод мышц в более «экономное» состояние – гипотрофию «неиспользования».

С учетом приведенной функциональной схемы развитие патофизиологических изменений двигательного анализатора при повреждениях опорно-двигательного аппарата можно представить следующим образом.

Недостаток афферентной информации влечет за собой ограничение интегративных процессов в сенсорных областях ЦНС, развитие дефицита сенсорных ощущений и нарушение процессов восприятия. Следствием этого является расстройство функций вторичных зон коры головного мозга, в частности синтеза решений, что приводит к значительному снижению потока эфферентных стимулов в направлении мотонейронов спинного мозга. В условиях пониженного влияния со стороны вышеразположенных уровней управления мотонейроны сегментарного аппарата оказывают меньшее, чем в норме, стимулирующее воздействие на мышечные волокна, в результате чего изменяется активность метаболизма в мышце и, как следствие, происходит дальнейшее снижение уровня афферентации. При этом замыкается порочный круг, в котором основным иницирующим элементом служит дефицит сенсорной информации.

Введение в представленную систему искусственной внешней обратной связи вносит некоторые коррективы в ее рабочую схему, а именно в область объективной сенсорной физиологии (Рис. 4). Использование в технологии ФБУ зрительных и звуковых сигналов информации предусматривает некоторое удлинение пути поступления информации в центры интеграции. В цепь афферентации включаются зрительный и слуховой анализаторы, а также их связи с корковыми интегрирующими структурами. При этом в коре головного мозга активизируются третичные зоны, которые оказывают управляющее влияние на нижележащие элементы.

Распространение возбуждения на мотонейроны сегментов спинного мозга и далее на мышечные волокна стимулирует интенсификацию энергетических процессов в мышце, что сопровождается соответствующими качественными и количественными изменениями аксонного транспорта. Сокращение мышц, возникающее при возбуждении, запускает генерацию сенсорных сигналов и увеличивает поток афферентных импульсов. Восполняя дефицит афферентной информации, искусственные обратные связи способствуют разрыву порочных кругов, формирующихся при повреждениях опорно-двигательного аппарата.

Для практической организации тренировки с обратной связью используют различные аппаратные средства.

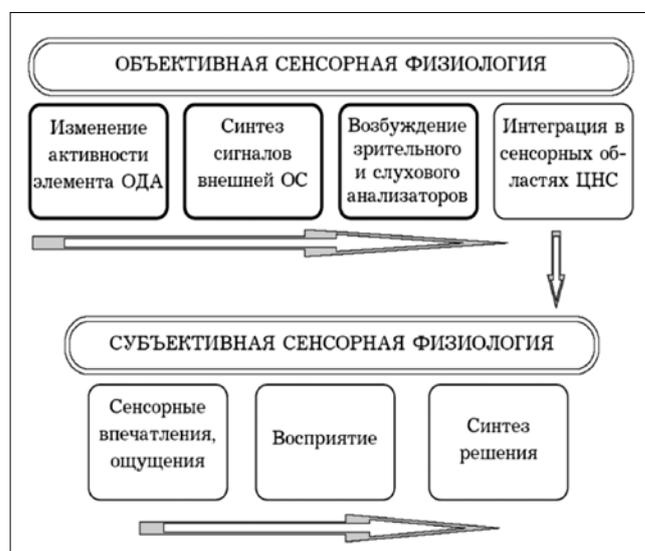


Рис. 4. Схема дополнительных связей в коре головного мозга при создании внешнего канала афферентации с помощью БОС.

На слайде вашему вниманию представлена рабочая классификация метода. В качестве ее системообразующих элементов использованы следующие составляющие: уровень воздействия, тип канала обработки и контролируемый параметр.

Уровень воздействия соответствует уровню организации движения «А» или «В».

Контролируемый параметр или показатели функции, нуждающейся в компенсации, в качестве которых могут выступать угловая скорость, биоэлектрическая активность, сила мышц, мощность, вращающий момент и др.

Одной из форм организации обратной связи является использование в качестве средств сигнализации игровых сюжетов. Эффективность биоуправления определяется

интенсивностью мотивации, остротой «настройки» пациента на достижение устойчивого уровня саморегуляции функции. Использование компьютерных мультимедийных игр повышает интерес пациента к процедуре, ее сценарию, придает происходящему эмоциональную окраску.

Заключение

Таким образом, при лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата метод функционального биоуправления позволяет повысить уровень осознания и произвольного контроля физиологических процессов, не осознаваемых и не контролируемых произвольно в результате снижения или утраты их афферентации. Результаты внедрения метода в клинику свидетельствуют об его высокой эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Цыкунов М.Б. Клинические методы диагностики нарушений мышечной системы. – Лечебная физкультура и спортивная медицина, М., 2011 № 9 и 10. – С. 59–64.
2. Цыкунов М.Б. и соавт. Диагностика и консервативная коррекция статических деформаций. – М., РАСМИРБИ, 2004. – 176 с.

REFERENCES:

1. Tsykunov M.B. Clinical methods of diagnosis of the musculoskeletal system. – Physical therapy and sports medicine, M. 2011 number 9 and 10 - P. 59–64
2. Tsykunov M.B. et al. Diagnosis and conservative correction of static deformations. – M., RASMIRBI, 2004. – 176 p.

РЕЗЮМЕ

В современных представлениях о патогенезе двигательных нарушений при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательного аппарата основное место отводится снижению уровня афферентации и расстройству биологических обратных связей, что способствует разрыву функциональных цепей биоуправления.

Попытки алгоритмизации отношений функциональных элементов нервно-мышечной системы нашли отражение в ряде работ: теории сенсорных коррекций (Н.А. Бернштейн, 1947), теории функциональных систем (Анохин П.к., 1954), теории управления, базирующейся на кибернетическом подходе (Houk J.C., 1980) и др для обеспечения координации мышечной деятельности необходимо взаимодействие ряда функциональных элементов нейромышечной системы. Эта система организована как замкнутый контур (Рис. 1а). Повреждение рецепторного звена способствует разрыву контура и разрушению обратных афферентных связей, необходимы для саморегуляции системы, что в свою очередь приводит к различным двигательным нарушениям контролируемый параметр или показатели функции, нуждающейся в компенсации, в качестве которых могут выступать угловая скорость, биоэлектрическая активность, сила мышц, мощность, вращающий момент и др. Одной из форм организации обратной связи является использование в качестве средств сигнализации игровых сюжетов. Эффективность биоуправления определяется интенсивностью мотивации, остротой «настройки» пациента на достижение устойчивого уровня саморегуляции функции. Использование компьютерных мультимедийных игр повышает интерес пациента к процедуре, ее сценарию, придает происходящему эмоциональную окраску.

Таким образом, при лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата используют различные аппаратные средства. На слайде вашему вниманию представлена рабочая классификация метода. в качестве ее системообразующих элементов использованы следующие составляющие: уровень воздействия, тип канала обработки и контролируемый параметр уровень воздействия соответствует уровню организации движения «А» или «В». опорно-двигательного аппарата метод функционального биоуправления позволяет повысить уровень осознания и произвольного контроля физиологических процессов, не осознаваемых и не контролируемых произвольно в результате снижения или утраты их афферентации. Результаты внедрения метода в клинику свидетельствуют об его высокой эффективности.

ABSTRACT

In the current understanding of the pathogenesis of movement disorders in injuries and diseases musculoskeletal system have focused on reduction of afferent and frustration biofeedback that helps break the MFCs biofeedback.

Attempts algorithmization relationship of functional elements of the neuromuscular system are reflected in a number of works: the theory of sensory offsets (Bernstein, 1947), the theory of functional systems (PK Anokhin, 1954), control theory, based on the cybernetic approach (Houk JC, 1980), and others to coordinate muscular activity requires cooperation of a number of functional elements of the neuromuscular system. This system organized as a closed loop (Fig. 1a). Damage to the receptor level helps break the circuit and reverse the destruction of afferent connections are necessary for self-regulation system, which in turn leads to a variety of motor disorders monitored parameter or function parameters in need of compensation, who may be the angular velocity, electrical activity, muscle strength, power, torque, and others. One form of organization is the use of feedback as a means of signaling game scenes. The effectiveness of biofeedback determined by the intensity of motivation, the exigencies of "tuning" of the patient to achieve a sustainable level of self-regulation functions. The use of computer multimedia games increases the interest of the patient for the procedure, its script, gives an event emotion.

Thus, the treatment of injuries and diseases feedback use different hardware. On the slide to your attention a working classification method. as its system moobrazuyuschih elements, the following components: the level of exposure, the type of channel processing and controlled setting exposure level corresponds to the level of organization of the movement "A" or "B". musculoskeletal system functional biocontrol method can increase the level of awareness and voluntary control of physiological processes that are not conscious and not arbitrarily controlled by reducing or losing their afferent. Results of implementation of the method in the clinic evidence of its high efficiency.

Контакты: Косов Игорь Сергеевич. E-mail: cito@cito-priorov.ru