

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ МЕЛКОГО МОТОРНОГО РАЗВИТИЯ

К. Г. СЕЛИВАНОВА¹, Ж. Б. ИВАНЧЕНКО², О. Г. АВРУНИН¹

¹ Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, УКРАИНА

² Институт микробиологии и иммунологии им. И. И. Мечникова НАМН Украины, Харьков, УКРАИНА
e-mail: bykh@kture.kharkov.ua

АННОТАЦИЯ У статті описані принципи побудови біотехнічної та функціональної систем, показано взаємозв'язок і взаємодія підсистем та їх елементів. Для вирішення актуальної задачі дослідження була розроблена біотехнічна система (БТС), яка дозволяє оцінити стан мілкового моторного розвитку (ММР), а також діагностувати можливі первинні порушення моторної сфери. Діагностика станів ММР підрозділяється на п'ять видів: норма, зміна, відхилення, порушення, патологія.

Ключові слова: біотехнічна система, функціональна система, мілкий моторний розвиток, стан моторної сфери, процес діагностування

АННОТАЦИЯ В статье описаны принципы построения биотехнической и функциональной систем, показаны взаимосвязи и взаимодействие подсистем и их элементов. Для решения актуальной задачи исследования была разработана биотехническая система (БТС), которая позволяет оценить состояние мелкого моторного развития (ММР), а также диагностировать возможные первичные нарушения моторной сферы. Диагностика состояний ММР подразделяется на пять видов: норма, отклонение, изменение, нарушение, патология.

Ключевые слова: биотехническая система, функциональная система, мелкое моторное развитие, состояние моторной сферы, процесс диагностирования

BIOTECHNICAL DIAGNOSTIC SYSTEM OF THE CONDITION FINE MOTOR DEVELOPMENT

K. G. SELIVANOVA¹, Z. B. IVANCHENKO², O. G. AVRUNIN¹

¹ Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkov, UKRAINE

² Institute of Microbiology and Immunology named after I. I. Mechnikov, NAMS of Ukraine, Kharkov, UKRAINE

ABSTRACT Everyone has the individual properties of hand movement, which include writing and drawing, pressing force, the various manipulations of small objects, work on the keyboard, etc. A fine motor skill is a sequence of fine hand movements to perform a specific task. A lot of movement disorders in the early stages appear as violations of fine hand movements. Therefore, actual task is as early as possible to identify possible violations of fine motor skills. The use of computer technology in this type of research reduces the role of the subjective factor.

The article describes the principles of biotechnology and functional systems that show the relationship and interaction of subsystems and their components. For decide actual tasks of the research was developed biotechnical diagnostic system, which allows to assess the state of fine motor development, also diagnose possible primary disturbances in motor field. Diagnosis states of fine motor skills divided into five types: norm, change, deviation, disorder pathology. The paper provides a set of basic parameters that serves as criteria for performance evaluation methodology. The analysis of the tests results is carried out with a computer program that allows determining the level of development of motor skills based on quantitative assessments.

Keywords: biotechnical system, functional system, fine motor development, the state of the motor skills, the process of diagnosis

Введение

Мелкое моторное развитие (ММР) представляет собой мелкие движения, которые требуют тонкой мышечной координации, когда необходим точный контроль. Проблема уровня развития ММР весьма актуальна в любом возрасте (младенчестве, дошкольном, младшем школьном, подростковом и взрослом), так как именно она отвечает за развитие сенсомоторики –

согласованности зрительной реакции и двигательной активности, совершенствованию координации движений, концентрации внимания, мыслительной деятельности, гибкости, точности в выполнении заданий, коррекции ММ пальцев рук. Особое внимание заслуживает изучение вопроса нарушений моторной сферы для дальнейшего диагностирования возможных заболеваний нервно-мышечной системы [5, 7, 10]. Это становится возможным с применением биотехнической системы (БТС), которая на основе

взаимодействия биологических объектов с техническими средствами, расширяет возможности клинициста и позволяет ему в режиме реального времени проводить качественный анализ причин возникновения расстройств моторной сферы, а также прогнозирование их течения на выбранную тактику решений [2].

Цель работы

Целью данной работы является разработка БТС для оценки состояния ММР и диагностирования возможных нарушений моторной сферы.

В условиях использования традиционных методов и средств диагностики двигательных расстройств важной задачей является повышение эффективности и доступности в изучении состояния ММ.

Изложение основного материала

Разработка биотехнических систем необходимо для формализации требований к техническим средствам регистрации физиологических параметров, их структуре, алгоритмам обработки полученных данных, анализу диагностических показателей [8].

БТС представляет собой систему, биологические и технические элементы которой связаны между собой для выполнения заданной целевой функции. Наиболее часто задается система выражением, которое имеет в своей структуре входные и выходные параметры, описывающих внутреннее состояние и поведение БТС:

$$Y = F(X, V), \quad (1)$$

где X - входные параметры;
 Y - выходные параметры;
 V - собственные параметры системы;
 F - преобразование системы, определяющее поведение системы.

Реализация целевой функции БТС осуществляется путем диагностирования функциональных изменений моторной сферы и разграничение состояния обследуемых на 5 групп: «норма» (отсутствие диагностируемого состояния), «отклонение» (вероятное наличие состояния), «изменение» (небольшое отклонение от допустимых значений), «нарушение» (наличие диагностируемого состояния), «патология» (заболевание) [8, 9].

Двигательные нарушения выступают ведущим фактором и представляют собой своеобразную аномалию ММР, которая без соответствующей коррекции оказывает неблагоприятное воздействие на весь ход формирования нервно-психических функций человека. Это является одной из основных причин социальной изоляции в обществе, временной нетрудоспособности, экономическим потерям,

умственной отсталости детей дошкольного и младшего школьного возраста.

Одной из путей предупреждения нарушений является их раннее выявление. Диагностические методы, существующие для этой цели, основаны на обработке данных, полученных в результате обследования пациента и регистрации реакций организма на тестовое воздействие.

Для формализации системы выбираются основные такие параметры:

- x_1 - пол обследуемого человека;
- x_2 - возраст;
- x_3 - ведущая рука;
- x_4 - наличие жалоб и образ жизнедеятельности;
- v_1 - скорость сенсомоторной реакции;
- v_2 - сила давления или нажима рукой;
- v_3 - точность и правильность выполнения тестов;
- v_4 - уровень развития ММ.

Исходя из заданных параметров, можно выделить такие выходные параметры, которые характеризуют различные состояния ММР:

- y_1 - «норма»;
- y_2 - «изменение»;
- y_3 - отклонение;
- y_4 - «нарушение»;
- y_5 - «патология».

Таким образом, окончательный вид работы диагностического блока разработанной БТС, обеспечивающего выполнение целевой функции, имеет вид:

$$Y = \begin{cases} y_1, & \text{если } v_1 = \max, v_2 = \text{mean}, v_3 = \max, v_4 = \max; \\ y_2, & \text{если } v_1 = \text{mean}, v_2 = \text{mean}, \max, \min, v_3 = \max, v_4 = \max; \\ y_3, & \text{если } v_1 = \text{mean}, v_2 = \max, \min, v_3 = \text{mean}, v_4 = \text{mean}; \\ y_4, & \text{если } v_1 = \text{mean}, \min, v_2 = \max, \min, v_3 = \text{mean}, \min, v_4 = \min; \\ y_5, & \text{если } v_1 = \min, \min, v_2 = \max, \min, v_3 = \min, \min, v_4 = \min; \end{cases} \quad (2)$$

Качество выполнения целевой функции системы может быть оценено с помощью исследования функциональных характеристик. В нашем случае таковыми являются заданные параметры, значения которых варьируются от минимального к максимальному, что при анализе дает возможность определить диагностируемое состояние ММР [8, 9].

Обсуждение результатов

Первым этапом разработки БТС для данного вида исследований является построение функциональной системы, так как она поясняет механизм двигательной активности человека (рис. 1). Этот вид деятельности имеет очень широкий

диапазон работы – от мышечных координаций, требуемых для ручных манипуляций перемещения тела в пространстве до мелких движений пальцев (ММ).

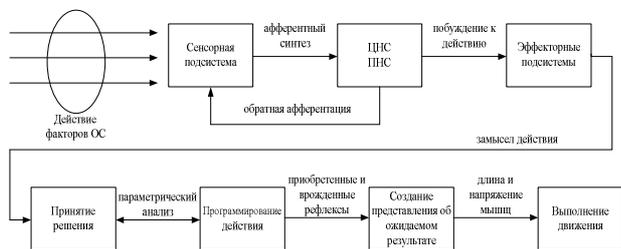


Рис. 1 – Обобщенная структурная схема функциональной системы организации двигательной активности

Данная система основана на физиологическом уровне строения и функционирования человека. Под действием окружающей среды (ОС) подразумевается действие внешних раздражителей, которые вызывают соответствующие реакции организма. Это влияние регистрируют рецепторы (сенсорная система), где, собственно, происходит афферентный синтез, т.е. анализ и создание стимула для принятия решения, а затем включает дальнейшую обратную обработку. Все это контролирует ЦНС (головной и спинной мозг) и ПНС (черепные и спинномозговые нервы), после этого возникает побуждение к действию. Эффекторные подсистемы представлены двигательным отделом (мотонейроны, мышечные волокна), где происходит замысел действия, и только после этого включается процесс принятия решения и выполнение программы действия. Функционирование данной системы подчиняется главному закону: план-программа-выполнение, при этом допускается анализ полученного результата и внесение сенсорных коррекций в программу.

Принцип построения диагностической БТС основан на непосредственном взаимодействии пациента с врачом (рис. 2).



Рис. 2 – Схема взаимодействия пациента с врачом

Данная схема иллюстрирует то, что предметом взаимодействия врача и пациента является проблема или жалоба, с которой обращается пациент, а врач решает как помочь ему в этом вопросе посредством использования различных технических средств и методов функциональной диагностики.

Следующим этапом для разработки БТС является изучение принципа взаимодействия биологической и технической составляющей в виде

построения макета, который демонстрирует основные характеристики и параметры аппаратной и программной части (рис. 3).

Техническим оснащением служит графический или сенсорный планшет, на котором выполняется тестирование обследуемым для оценки состояния ММР. Компьютерные технологии реализованы в среде объектно-ориентированного программирования Delphi XE3. Программное средство (ПС) имеет

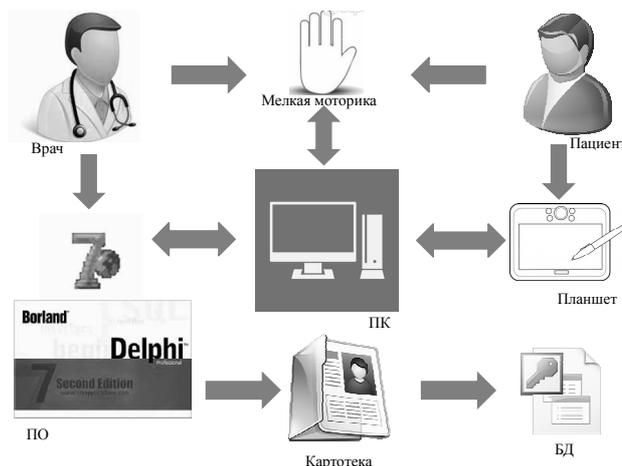


Рис. 3 – Схематический вид макета диагностической системы

довольно простой интерфейс, не требует дополнительного администрирования, настройки с минимальными системными требованиями. Также с помощью автоматизированных ресурсов можно быстро и качественно обрабатывать клиническую информацию с занесением их в базу данных (БД).

Завершающим этапом разработки БТС является процесс формирования, который включает подробное описание подсистем и их элементов с указанием прямых и обратных связей.

Предложенная БТС диагностики состояния ММР состоит из двух основных частей: биологической, которая включает пациента, врача и биомедицинского инженера; технической, подразделяющаяся на аппаратную и программную подсистему (рис. 4).

В аппаратную подсистему входит ПК, планшет и устройство сопряжения. Программная часть состоит из восьми основных блоков: ввода/вывода данных, тестирования, обработки, анализа, блок оценки состояния ММР, блок формирования диагностического заключения, блок хранения данных (БД). На каждом этапе обследования пациента участвует врач, который ведет опрос, собирает анамнез, проводит тестирование и наблюдает за его прохождением. Биомедицинский инженер следит за настройкой и наладкой как аппаратного оснащения так программного обеспечения. Также контролирует процесс тестирования и следит за выполнением

абсолютно одинаковых условий доклинических испытаний.

Блок ввода данных представляет собой регистрацию пациентов и использование интерфейса пользователя. Блок тестирования заключается в отображении различных видов шаблонов заданий для определенного вида исследований. Блок обработки данных показывает количество пропущенных, правильно и технически неверно выполненных тестов. Блок анализа данных позволяет проанализировать силу нажима, скорость сенсомоторной реакции, отклонение параметров эталонного задания от экспериментального. Блок

оценки состояния ММР базируется на расчетах точности выполнения тестов, уровня развития мелкой моторики, наблюдении синкинезий, учета физиологических показателей нервно-мышечной системы. Блок формирования диагностического заключения возможен при просмотре и редактировании врача, проверке всех показателей и трактовке верного диагноза. Вся клиническая и доклиническая информация о пациенте, а также процедура тестирования и результаты исследования хранятся в БД.

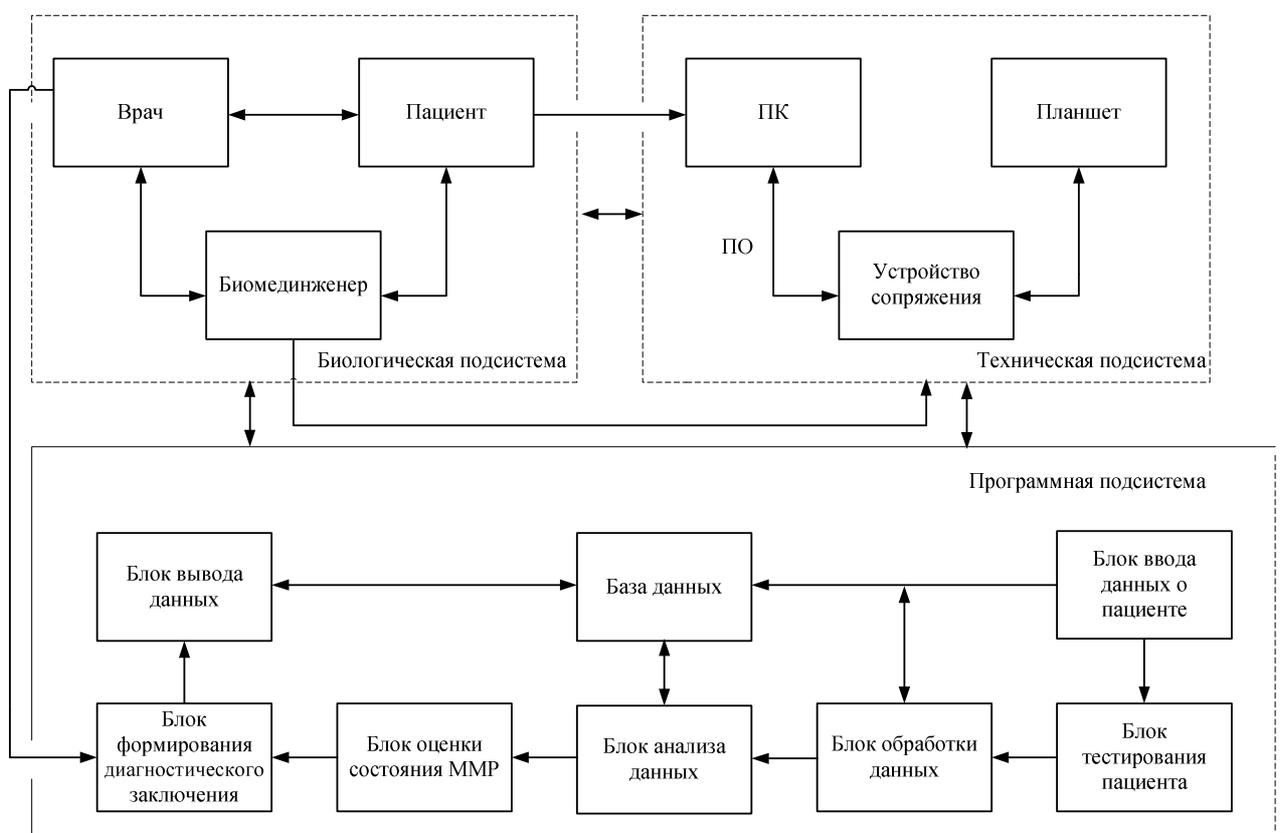


Рис. 4 – Биотехническая система диагностики состояния мелкого моторного развития

Выводы

Повышение общей эффективности разработанной биотехнической системы диагностики состояния ММР обеспечивается за счет использования современных методов и средств исследования и подтверждается повышением качественного результата при выполнении целевой функции в заданных условиях. Также система позволяет учитывать ряд индивидуальных особенностей пациента и произвести расчет информативных параметров, для повышения

достоверности ранней диагностики. Простота и доступность понимания функционального назначения разработанной БТС позволяет внедрять ее в ежедневную практику медицинских учреждений. Перспективой данной работы является разработка виртуального тренажера развития мелкой моторики детей дошкольного и младшего школьного возраста, а также отдельное применение для коррекционной школы.

Список литературы

1. **Patent** № WO 2008128192 A1 “Vision cognition and coordination testing and training”. Inventors: Ryan Coulter, Alan W. Reichow, Herb Yoo. Date of Patent: Oct. 23, 2013.
2. **Moore, J.** Biomedical technology and devices. Handbook / Edited by J. Moore – CRC Press LLC. – 2004. – 750 p.
3. **Leslie, J. Couse, A** Tablet Computer for Young Children? Exploring Its Viability for Early Childhood Education / **Leslie, J. Couse, Dora W. Chen** // *Journal of Research on Technology in Education*. – 2010. – Volume 43, Number 1, P. 75-98.
4. **Diah Norizan Mat** A Development of a Computer-Assisted Software (AJaW) That Encourages Jawi Writing for Children / **Diah Norizan Mat, M. Ismail, M. A. Hamid Putri, S. Ahmad** // *Journal Education*. – 2012. – Volume 2(5). – P. 130-135.
5. **Selivanova, K. G.** A method of computer testing of the level of development of graphic skills / **K. G. Selivanova, O. G. Avrunin, H. I. Faruk** // *International Journal of Computer Science and Engineering (SJCSE)*. – Mar 2014. – Vol. 3, Issue 2. – P. 19-26.
6. **Mevludin Memedi** Mobile systems for monitoring Parkinson's disease / **Mevludin Memedi** // *Thesis summary*, Orebro University. – 2011. – 56 p.
7. **Selivanova, K. G.** Method of hand movement testing on graphic tablet / **K. G. Selivanova, O. G. Avrunin** // *Materials of the first Russian-German Conference on Biomedical Engineering (RGC-2013)*. – 2013. – 58 p.
8. **Акулов, С. А.** Основы теории биотехнических систем. / **С. А. Акулов, А. А. Федотов** – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 259 с.
9. Биотехнические системы: теория и проектирование / Под ред. **В.М. Ахутина**. – Л.: Издательство ЛГУ. – 1981. – 204 с.
10. **Селиванова, К. Г.** Разработка метода автоматизированного тестирования мелкой моторики ведущей руки на графическом планшете. / **К. Г. Селиванова, О. Г. Аврунин** // *Прикладная радиоэлектроника*. – 2013. – Том 12, №3. – С. 459-465.

Bibliography (transliterated)

1. **Patent** № WO 2008128192 A1 “Vision cognition and coordination testing and training”. Inventors: Ryan Coulter, Alan W. Reichow, Herb Yoo. Date of Patent: Oct. 23, 2013.
2. **Moore, J.** Biomedical technology and devices. Handbook / Edited by J. Moore – CRC Press LLC. – 2004. – 750 p.
3. **Leslie, J. Couse, Dora, W. Chen** A Tablet Computer for Young Children? Exploring Its Viability for Early Childhood Education. *Journal of Research on Technology in Education*. – 2010. – Volume 43, Number 1. – P. 75-98.
4. **Diah Norizan Mat, Ismail, M., Hamid Putri, M. A., Ahmad, S.** A Development of a Computer-Assisted Software (AJaW) That Encourages Jawi Writing for Children / *Journal Education*. – 2012. – Volume 2(5). – P. 130-135.
5. **Selivanova, K. G.** A method of computer testing of the level of development of graphic skills / **K. G. Selivanova, O. G. Avrunin, H. I. Faruk** // *International Journal of Computer Science and Engineering (SJCSE)*. – Mar 2014. – Vol. 3, Issue 2. – P. 19-26.
6. **Mevludin Memedi** Mobile systems for monitoring Parkinson's disease. *Thesis summary*, Orebro University. – 2011. – 56 p.
7. **Selivanova, K. G., Avrunin, O. G.** Method of hand movement testing on graphic tablet / *Materials of the first Russian-German Conference on Biomedical Engineering (RGC-2013)*. – 2013. – 58 p.
8. **Akulov, S. A., Fedotov, A. A.** Fundamentals of the theory of biotechnical systems / Moscow: FIZMATLIT. – 259 p.
9. Biotechnical system theory and design / Ed. **V. M. Akhutina** / L.: LGU Publishing. – 1981. – 204 p.
10. **Avrunin, O. G., Selvanova, K. G.** Development of a method of automated testing fine motor skills leading hand on graphic tablet / *Applied Radio electronics: Scientific and engineering Journal*. – 2013. – Volume 12. № 3. – P. 459-465.

Поступила (received) 25.06.2015