

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ТА КОМПЛЕКСАМИ

УДК 004.942+621.57.673:61

*Е. В. ВЫСОЦКАЯ, Л. И. РАК, А. П. ПОРВАН, К. В. ЦАПЕНКО, Е. А. ГАВРЮШИНА***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ СНИЖЕНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ У ПОДРОСТКОВ С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ**

Работа посвящена определению вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков с сердечно-сосудистыми заболеваниями и синтезу математической модели с использованием метода бинарной логистической регрессии, которая позволит повысить эффективность выявления нарушений адаптации у детей и подростков за счет комплексной оценки показателей работы сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем, отражающих общее физическое состояние ребенка. Использование предложенного подхода даст возможность своевременно проводить коррекцию лечения и реабилитации подростков с наиболее частыми в педиатрии вторичными кардиомиопатиями.

Ключевые слова: адаптационные возможности, вторичные кардиомиопатии, логистическая регрессия.

Робота присвячена визначенню ймовірності зниження адаптаційних можливостей у підлітків із серцево-судинними захворюваннями і синтезу математичної моделі з використанням методу бінарної логістичної регресії, яка дозволить підвищити ефективність виявлення порушень адаптації у дітей та підлітків за рахунок комплексної оцінки показників роботи серцево-судинної і вегетативної нервової систем, що відображають загальний фізичний стан дитини. Використання запропонованого підходу дасть можливість своєчасно проводити корекцію лікування та реабілітації підлітків з найбільш частими в педіатрії вторинними кардиомиопатіями.

Ключові слова: адаптаційні можливості, вторинні кардиомиопатії, логістична регресія.

The article is devoted to determining the probability of reducing the adaptive capabilities of teenagers with cardiovascular diseases and synthesis of mathematical model using the method of binary logistic regression, which will increase the efficiency of identifying adaptation disorders in children and adolescents due to a comprehensive assessment of performance of the cardiovascular and autonomic nervous systems, reflecting the overall physical condition of the child. According to the received model, the increase in diastolic blood pressure may occur along with increased overall weight and size of a growth indicator and the left ventricle. Therefore, a significant change in the parameters of physical development in the direction of increasing the mass of the body of a teenager and, accordingly, heart is not accompanied by an increase in left ventricular mass, impair the functional reserves of the heart and the adaptive capacity of the organism as a whole. The synthesized mathematical model is adequate and the qualitative and allows to identify 94.7 % of the decrease in adaptive capabilities of teenagers with heart disease. Using the proposed approach will enable a timely manner to carry out the correction of treatment and rehabilitation of teenagers with the most common pediatric secondary cardiomyopathies.

Keywords: adaptive capabilities, secondary cardiomyopathy, logistic regression.

Введение. В последние годы происходит снижение уровня соматического и психического здоровья детей и подростков, в результате чего развиваются процессы ретардации детского населения Украины [1]. Существующие негативные тенденции объясняются влиянием социальных факторов, психоэмоциональными перегрузками, гиподинамией и снижением адаптационного потенциала [2]. Самой уязвимой категорией являются подростки. Именно среди них наблюдается роста количества заболеваний, и прежде всего связанных с сердечно-сосудистой системой организма [3].

В современной медицине существует мнение о необходимости учета индивидуальных морфофункциональных и психофизиологических особенностей ребенка. Известно, что дети с различными темпами физического развития по-разному адаптируются к физической нагрузке, имеют разную структуру заболеваемости и механизмы регуляции функций. Анализируя изложенные факты можно предположить, что существенное влияние на характер адаптации к физическим факторам оказывают темпы физического развития, совместно с физиологическими показателями (энергообмен, аэробные ресурсы, физическая работоспособность). При этом критерием эффективности повышения адаптационных возможностей организма подростков может выступать изменение компенсаторных и резервных механизмов реагирования. Не

менее важно и актуально выявить и предупредить снижение адаптационных резервов у лиц, имеющих малые структурные аномалии сердца, вегетососудистую дисфункцию с нарушениями артериальной давления или начальную стадию артериальной гипертензии, практически здоровых подростков либо желающих заниматься спортом, что является основой профилактики дизадаптивных состояний, а в дальнейшем – нарушения гемодинамики и дисфункции сердца.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. В последнее время теме адаптационных возможностей (АВ) у подростков и способам их повышения посвящено много работ, в которых некоторые авторы связывают уровень АВ с физическим развитием подростков. Известно, что в основе тесной взаимосвязи физического развития и многих физиологических функций организма лежат физические зависимости между поверхностью тела, его объемом и массой тела [4]. В монографии [5] показано, что увеличение размеров тела обязательно ведет к изменениям принципов работы организма и его частей и обеспечивает качество адаптивных реакций детского организма, а также устойчивость его «стационарного» состояния [6].

Оценка адаптационных реакций у детей, прежде всего, базируется на показателях деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Измерение

частоты сердечных сокращений (ЧСС), ударного объема сердца, частоты дыхания, артериального давления (АД) просты, и есть нормы их изменений на фоне разных нагрузочных проб, что позволяет с их помощью прогнозировать функциональные возможности организма. Констатировать стрессовое состояние систем адаптации позволяют интенсивность белкового метаболизма, показатели вегетативной регуляции, терморегуляции и симпато-адреналовой системы [7]. Так, существует медико-биологический метод, предполагающий комплексную оценку антропометрических особенностей подростка и функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем [8]. Однако, недостатком данного метода является отсутствие возможности определения вероятности снижения адаптационных возможностей организма и не достаточная точность прогнозирования (ниже 90%), что может влиять на качество дальнейшей терапии.

Для оценки характера адаптации довольно часто используются методики функциональной диагностики и оценки психоэмоционального состояния: электроэнцефалография, холтеровское мониторирование, оценка вариабельности сердечного ритма, методы анкетирования, тест Шульте-Горбова и др. [9, 10]. Однако у детей разного уровня физического развития и морфофункциональных особенностей, с различным характером энергетического обмена эти показатели имеют неравнозначную нормологическую значимость. Так известен метод оценки состояния здоровья, адаптационных возможностей отдельных систем в различные критические периоды, определяемые по показателям вариационной пульсометрии с использованием индекса Баевского [11]. Недостатком данного метода является его трудоемкость, отражение состояния и функционирования только оси вегетативной регуляции — сердечно-сосудистой системы, не всегда может быть применен для пациентов с заболеваниями сердца или решения вопроса спортивных тренировок.

В последнее время большое распространение получило направление, при котором моделирование адаптационных процессов базируется на математических подходах [12]. Так, в [13] описывается подход к оценке адаптационных возможностей организма у подростков на основе исследования двух сопряженных функций, отражающих приспособительный эффект сердечно-сосудистой системы, с использованием методики подсчета индекса функционального напряжения (ИФН), при этом в качестве двух сопряженных функций используют показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма LF – мощность низких частот, HF – мощность высоких частот и PVLf – доля очень низких частот. Недостатками данного подхода являются сложность оценки адаптивных отклонений в динамике роста и развития детей невысокая достоверность (78 %) клинической диагностики.

Также существует метод оценки адаптационных возможностей подростков, при котором определяют тип конституции, вегетативный тонус и адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы с последующим выделением наиболее информативных признаков с использованием последовательного анализа Вальда [14]. К недостаткам метода можно отне-

сти субъективность суждений мнений экспертов при определении срыва адаптационно-приспособительных реакций организма, сложность и трудоемкость проведения.

Таким образом, можно сказать, что уровень физического развития ребенка вместе с состоянием сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем обеспечивают характер ответа как на физическую нагрузку, так и на действие разнообразных факторов внешней среды.

К сожалению, в доступной литературе отсутствуют сведения об особенностях нарушений сердечного ритма у детей и подростков с разным уровнем физического развития, а способы оптимизации медицинской реабилитации с учетом индивидуальных особенностей физического развития еще не достаточно изучены. К тому же не существует общего интегративного подхода к определению вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков с сердечно-сосудистой патологией. Таким образом, определение вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков с сердечно-сосудистыми заболеваниями является актуальной научной и практической задачей.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – определение вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- 1) определить наиболее прогностически значимые признаки, характеризующие снижение адаптационных возможностей подростков;
- 2) синтезировать математическую модель определения вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков.

Разработка математической модели определения вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков. Для определения вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков и построения соответствующей математической модели в исследование были включены данные 38 детей 14-17 лет с вторичными кардиопатиями и нарушениями артериального давления, для которых определялся индекс адаптации. Индекс адаптации оценивался на основании двухступенчатой пробы «6-минутная ходьба» (пациент в максимально интенсивном для себя темпе течение 6 минут проходит первую дистанцию, затем после 30-минутного отдыха – вторую дистанцию за 6 минут) и рассчитывался по формуле:

$$I_{Ad} = D_2 / D_1,$$

где I_{Ad} – индекс адаптации; D_2 – дистанция второго этапа теста; D_1 – дистанция первого тестирования.

Детей с ожирением исключали из исследования. По результатам доплер-эхокардиографии нарушения внутрисердечной гемодинамики у всех отсутствовали, показатели систолической и диастолической функции сердца были в норме. Все дети были разделены на группы следующим образом: 1-я группа – пациенты с $I_{Ad} \geq 1$ (25 человек); 2-я группа – пациенты с $I_{Ad} < 1$ (13 человек).

Были проанализированы следующие данные пациентов: пол, возраст, уровень физической подготовки, антропометрические показатели (рост, масса тела,

индекс массы тела, весо-ростовой индекс (рассчитывается по формуле: масса тела, кг/ рост, м. в кубе), тип телосложения, ширина плеч, длина руки, размах рук, длина ноги, окружность грудной клетки, окружность плеча, окружность талии, окружность бедер), клино-ортостатическая проба (КОП – 10 показателей), проба Руфье (5 показателей), 6-минутная ходьба (11 показателей), площадь поверхности тела, морфо-функциональные характеристики сердца по данным эхокардиографии в состоянии покоя (23 показателя, в том числе конечный диастолический размер левого желудочка – КДР; масса миокарда левого желудочка – ММЛЖ) и после нагрузки (10 показателей), результаты клинико-лабораторных исследований (адреналин, норадреналин, дофамин, дофа, кортизол, серотонин). Все показатели были закодированы с учетом наличия, направленности и величины каждого показателя.

Для построения математической модели определения вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков использовали метод пошаговой логистической регрессии [14], который позволил выделить 4 наиболее значимых показателя: X_1 – весо-ростовой индекс; X_2 – прирост диастолического арте-

риального давления (ДАД) в КОП; X_3 – ММЛЖ; X_4 – КДР. Данные предикторы модели использовались в качестве прогностических факторов для оценки вероятности отнесения каждого пациента к прогнозируемому состоянию по следующей формуле:

$$\hat{P} = \frac{1}{1 + e^{-(1.328 \cdot X_1 + 0.235 \cdot X_2 - 1.07 \cdot X_3 + 53.178 \cdot X_4 - 150.088)}}.$$

Значение \hat{P} , получаемое по формуле, можно интерпретировать как вероятность снижения адаптационных возможностей у подростков.

Для проведения данного анализа использовалась прикладная программа SPSS 17.0 для Windows.

Проверка значимости подобранных коэффициентов модели проводилась с использованием статистики Вальда.

Далее была получена классификационная таблица (табл. 1), которая позволяет судить о точности прогнозирования снижения адаптационных возможностей на основании сравнения прогнозируемой и фактической групп.

Таблица 1 – Классификационные результаты модели бинарной логистической регрессии

Фактическая группа, m	Прогнозируемая группа, n		Количество верно предсказанных значений, %
	Группа 1	Группа 2	
Группа 1	24	1	96,0
Группа 2	1	12	92,3

Обсуждение результатов построения математической модели. В результате оценки значимости подобранных коэффициентов математической модели определения вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков с использованием статистики Вальда, все переменные значимы ($p < 0,05$) и подобраны правильно.

Корректность прогнозирования полученной математической модели, оцененная с использованием, R^2 Нейджелкерка, составила 90,8 %.

Достигнутый уровень значимости в результате проведения теста согласия Хосмера-Лемешова свидетельствует об адекватности созданной модели реальным данным.

Анализируя результаты табл. 1, можно сделать вывод о том, что из общего числа пациентов группы 1, в результате прогнозирования ошибочно отнесен к группе 2 был 1 пациент из 25. Из общего числа пациентов группы 2, правильно были классифицированы 12 пациентов и 1 ошибочно отнесен к группе 1. Таким образом, правильно были распознаны 36 случаев из 38, что составляет 94,7 %. Оценка диагностической ценности построенной математической модели, проводимая на основании построения ROC-кривой, показала высокое качество синтезированной модели (значение площади под ROC-кривой составило 0,94 (0,74, 1,00)).

Выводы. Таким образом в результате исследования были выявлены четыре значимых информативных признака характеризующие снижение адаптационных возможностей подростков: весо-ростовой индекс, прирост ДАД в КОП, ММЛЖ; КДР. Весо-

ростовой показатель и КДР характеризуют физиологические процессы роста у детей. Показатель изменения ДАД в КОП (снижение, увеличение или без изменений) дает возможность судить как о нормальной, так и патологической вегетативной реакции.

Впервые была синтезирована математическая модель определения вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков с сердечно-сосудистыми заболеваниями, которая позволила объединить данные физического развития, морфометрические параметры сердца и один из показателей, характеризующих вегетативную реактивность, что отражает тесное взаимодействие сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем, которые в определенной мере зависят от исходного физического состояния и уровня здоровья пациента. Использование полученной модели определения вероятности снижения адаптационных возможностей позволит своевременно внести коррективы в лечение и реабилитацию подростков с наиболее частыми в педиатрии вторичными кардиомиопатиями.

Список литературы:

1. *Волосовець О. П.* Диференціальна діагностика синдромів порушень фізичного та статеворозвитку у дітей [Текст] / *О. П. Волосовець, О. Є. Абатуров, С. П. Кривоносов, Ю. К. Більбат* [та ін.]. – Тернопіль, ТДМУ, 2006. – 354 с.
2. *Теннер Е. А.* Динамическая оценка состояния здоровья детей, начавших обучение в школе в разном возрасте [Текст] / *Е. А. Теннер, Т. Е. Таранушенко, Н. Ю. Гришкевич* // Педиатрия. – 2013. – No 1. – С.45–48.
3. *Пархоменко Л. К.* Ювенологія. Практикум з підліткової медицини [Текст] / *Л. К. Пархоменко, З. Т. Балацька, Т. О. Глібова, Л.А. Страшок* [та ін.]. – Х.: Факт, 2004. – 720 с.

4. Баранов А. А. Фундаментальные и прикладные исследования по проблемам роста и развития детей и подростков / А.А. Баранов, Л.А. Щеплягина // Рос. педиатр. – 2000. – No 5. – С.5–12.
5. Шмидт-Ниельсен К. Размеры животных: почему они так важны? [Текст] / К. Шмидт-Ниельсен. – М.: Мир, 1987 – 259 с.
6. Апанасенко Г. А. Эволюция биоэнергетики и здоровья человека [Текст] / Г. А. Апанасенко. – СПб: МГП «Петрополис», 1992. – 123 с.
7. Вахитов И. Х. Особенности становления насосной функции сердца и антропометрических показателей юных спортсменов в процессе многолетней спортивной подготовки [Текст] / И. Х. Вахитов, Р. С. Халиуллин, Б. И. Вахитов, А. В. Ульянова // Педиатрия. – 2012. – No 1. – С.139–141.
8. Бородина Н. Превентивные методы оценки адаптационных возможностей подростков к физической нагрузке [Текст] / Н. Бородина, А. Луинович // Теория та методика фізичного виховання. – 2011. – No 8 – С. 14–17.
9. Сетко Н. П. Особенности формирования адаптационных возможностей гимназистов-первоклассников [Текст] / Н. П. Сетко, А. С. Лозинский, Е. В. Булычева // Гигиена и санитария. – 2012. – No 1. – С. 51–53.
10. Порван А. П. Информационная система определения адаптационных возможностей организма студентов [Текст] / А. П. Порван, Ю. В. Журавлева // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – No 6(3). – С. 38–41.
1. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний [Текст] / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
11. Высоцкая Е. В. Методика определения систолической дисфункции миокарда у подростков [Текст] / Е. В. Высоцкая, А. П. Порван, Л. И. Рак, О. А. Сватенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2012. – Vol. 1, Issue 3, – С. 27–31.
12. Способ оценки адаптационных возможностей организма в критические периоды онтогенеза у подростков. [Текст]: пат. 2426127 Рос. Федерации: МПК G01N33/555. Бондарь Т. П.; заявитель и патентообладатель Государственное общеобразовательное учреждение высшего профессионального образования Ставропольский государственный университет - No 2010119129/15; заявл. 12.05.2010; опубл. 10.08.2011 Бюл. No 22. – 13 с.
13. Наглядная медицинская статистика : учеб. пособие [Текст] / А. Петри, К. Сэбин; пер. с англ. под ред. В. П. Леонова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 216 с.
3. Parkhomenko L. K., Balatskiy S. T., Glebova T. O., Strashok L. A. *Yuvenolohiya. Praktykum z pidlitkovoyi medytsyny* [Yuvenolohiya. Workshop on Adolescent Medicine]. Kharkov, Fact Publ., 2004. 720 p.
4. Baranov A. A., Scheplyagina L.A. Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya po problemam rosta i razvitiya detey i podrostkov [Basic and applied research on issues of growth and development of children and adolescents]. *Ros. pediatrician*. 2000, no. 5, pp.5–12.
5. Schmidt-Nielsen K. *Razmery zhivotnykh: pochemu oni tak vazhny?* [Dimensions animals: why are they so important?]. Moscow: Mir Publ., 1987. 259 p.
6. Apanasenko GA *Evolutsiya bioenergetiki i zdorov'ya cheloveka* [Evolution of bioenergy and human health]. St. Petersburg: MGP «Petropolis» Publ., 1992. 123 p.
7. Vahitov I. H., Khaliullin R. S., Vahitov B. I., Ulyanov A. V. Oso-bennosti stanovleniya nasosnoy funktsii serdtsa i antropometricheskikh pokazateley yunyh sportsmenov v protsesse mnogoletney sportivnoy podgotovki [Features of formation of the pumping function of the heart and anthropometric indicators of young athletes in the process of long-term sports training]. *Pediatrics*. 2012, no. 1, pp. 139–141.
8. Borodina N., Lupinovich A. Preventivnyye metody otsenki adaptatsionnykh vozmozhnostey podrostkov k fizicheskoy nagruzke [Preventive methods for assessing adaptation options adolescents to physical activity]. *Teoriya ta metodika fizichnogo vikhovannya*. 2011, no. 8, pp. 14–17.
9. Setko N. P., Lozinskiy A. S., Bulycheva Ye. V. Oso-bennosti formirovaniya adaptatsionnykh vozmozhnostey gimnazistov-pervoklassnikov [Peculiarities of adaptation possibilities of high-school students, first grade]. *Hygiene and sanitation*. 2012, no. 1, pp. 51–53.
10. Porvan A. P., Zhuravleva Yu. V. Informatsionnaya sistema opredeleniya adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma studentov [Information system definition of adaptation opportunities of the students organism]. *Tekhnologicheskii audit i rezervy proizvodstva*. [Technology audit and production reserves]. Kharkov, 2013, no. 6 (3). pp. 38–41.
11. Baevsky P. M., Berseneva A. P. Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zaboлевaniy [Evaluation of adaptive capabilities of the organism, and the risk of developing diseases]. Moscow: Meditsina Publ., 1997. 236 p.
12. Vysotskaya Ye. V., Porvan A. P., Rak L. I., Svatenko O. A. Metodika opredeleniya diastolicheskoy disfunktsii miokarda u podrostkov [Method for determining systolic myocardial dysfunction in adolescents] Східно-Європейський журнал передових технологій [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]. 2012, Vol. 1, Issue 3, pp. 27-31.
13. Bondar T. P. *Sposob otsenky adaptatsionnykh vozmozhnostey orhanyzma v krytycheskyye peryody ontogeneza u podrostkov* [Method of opportunities otsenki adaptatsionnykh organism in ontogeny krytycheskyye peryody in adolescents]. Patent RF, no. 2426127, 2010.
14. Petri A., Sabin S. *Medical Statistics at a Glance*. 3rd Edition. Wiley-Blackwell, 2009, 182 p. (Rus. Ed.: Leonov V. P. *Naglyadnaya meditsinskaya statistika: ucheb. Posobiye*. Moscow, GEOTAR Media Publ., 2015. 216 p.)

Поступила (received) 13.03.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Определение вероятности снижения адаптационных возможностей у подростков с сердечно-сосудистыми заболеваниями/ Высоцкая Е. В., Рак Л. И., Порван А. П., Цапенко К. В., Гаврюшина Е. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 17(1189). – С.30–34. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-5459.

Визначення ймовірності зниження адаптаційних можливостей у підлітків із серцево-судинними захворюваннями/ Висоцька О. В., Рак Л. І., Порван А. П., Цапенко К. В., Гаврюшина О. А. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2016. – No 17(1189). – С.30–34. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-5459.

Determining the probability of reducing the adaptive capabilities in adolescents with cardiovascular diseases/ Vysotskaya E., Rak L., Porvan A., Tsapenko K., Gavryushin H. // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-

technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 17 (1189).– P.30–34. – Bibliogr.: 14. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Высоцкая Елена Владимировна - доктор технических наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, профессор кафедры Биомедицинской инженерии, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166., тел. (057) 70-21-364, e-mail: evisotska@mail.ru

Висоцька Олена Володимирівна - доктор технічних наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри Біомедичної інженерії, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166, тел. (057) 70-21-364, e-mail: evisotska@mail.ru

Vysotskaya Elena - doctor of engineering science, Kharkiv National University of Radio Electronics, Professor, Department of Biomedical Engineering, Nauki Ave., 14, Kharkov, Ukraine, 61166. Tel.: (057) 70-21-364, e-mail: evisotska@mail.ru

Рак Лариса Ивановна - доктор медицинских наук, ГУ "Институт охраны здоровья детей и подростков АМН Украины", ведущий научный сотрудник отделения педиатрии и реабилитации, пр. Юбилейный, 52а, г. Харьков, Украина, 61153, тел. (097) 28-16-496, e-mail: lirack@ya.ru

Рак Лариса Іванівна - доктор медичних наук, ДУ "Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків АМН України", провідний науковий співробітник відділення педіатрії та реабілітації, пр. Ювілейний, 52-а, м. Харків, Україна, 61153, тел. (097) 28-16-496, e-mail: lirack@ya.ru

Rak Larisa - doctor of medical sciences, Government Institution "Institute of Child and Adolescent Health, AMS of Ukraine", a leading researcher at the Department of Pediatrics and Rehabilitation, Jubileinii Ave., 52a, Kharkov, Ukraine, 61153, tel.: (097) 28-16-496, e-mail: lirack@ya.ru

Порван Андрей Павлович - кандидат технических наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, старший научный сотрудник кафедры Биомедицинской инженерии, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166, тел. (066) 29-40-670, e-mail: porvan_a_p@mail.ua

Порван Андрій Павлович - кандидат технічних наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, старший науковий співробітник кафедри Біомедичної інженерії, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166, тел. (066) 29-40-670, e-mail: porvan_a_p@mail.ua

Porvan Andrei - candidate of technical sciences, Kharkiv National University of Radio Electronics, a senior research fellow at the Department of Biomedical Engineering, Nauki Ave., 14, Kharkov, Ukraine, 61166, tel.: (066) 29-40-670, e-mail: porvan_a_p@mail.ua

Гаврюшина Елена Андреевна - Харьковский национальный университет радиоэлектроники, аспирант кафедры Биомедицинской инженерии, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166, тел. (057) 70-21-364, e-mail: ol8ven@mail.ru

Гаврюшина Олена Андріївна - Харківський національний університет радіоелектроніки, аспірант кафедри Біомедичної інженерії, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166, тел. (057) 70-21-364, e-mail: ol8ven@mail.ru

Gavryushin Helena - Kharkiv National University of Radio Electronics, a graduate student of the Department of Biomedical Engineering, Nauki Ave., 14, Kharkov, Ukraine, 61166, tel.: (057) 70-21-364, e-mail: ol8ven@mail.ru

Цапенко Ксения Владимировна - Харківський національний університет радіоелектроніки, студент факультету Електронної техніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166, тел. (057) 70-21-364, e-mail: xuhaziege@gmail.com

Цапенко Ксения Владимировна - Харьковский национальный университет радиоэлектроники, студент факультета Электронной техники, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166, тел. (057) 70-21-364, e-mail: xuhaziege@gmail.com

Tsapenko Ksenia - Kharkiv National University of Radio Electronics, a student of the Faculty of Electronic Engineering, Nauki Ave., 14, Kharkov, Ukraine, 61166, tel.: (057) 70-21-364, e-mail: xuhaziege@gmail.com