

УДК 004.652.4+617.3: 616-089

doi:10.20998/2413-4295.2019.10.05

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИНИКНЕННЯ М'ЯЗОВОГО ТРЕМОРУ ПІСЛЯ АНЕСТЕЗІЇ У ДІТЕЙ З ВРОДЖЕНИМИ ВАДАМИ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ****О. В. ВИСОЦЬКА<sup>1\*</sup>, А. С. ОВЧЕНКО<sup>2</sup>, О. В. ГУБАНОВА<sup>3</sup>, А. І. ПЕЧЕРСЬКА<sup>1</sup>,  
О. Й. ДОВНАР<sup>1</sup>, Г. С. ДОБРОРОДНЯ<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Харківський національний аерокосмічний університет ім. М.С.Жуковського «ХАІ», кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, Харків, УКРАЇНА<sup>2</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра біомедичної інженерії, Харків, УКРАЇНА<sup>3</sup> Харківська медична академія післядипломної освіти, кафедра дитячої анестезіології та інтенсивної терапії, Харків, УКРАЇНА

\*e-mail: evisotska@ukr.net.

**АНОТАЦІЯ** У роботі обґрунтовано актуальність прогнозування виникнення м'язового тремору в післяопераційному періоді у дітей з вродженими вадами опорно-рухового апарату. Післяопераційний тремор є поширеним ускладненням операцій з приводу корекції вроджених вад опорно-рухового апарату у дітей. Його наявність може погіршувати умови проведення традиційного моніторингу, тому завчасне прогнозування його появи є важливою умовою вибору анестезіологічного забезпечення періопераційного періоду. Розроблено функціональну структуру інформаційної технології визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими вадами опорно-рухового апарату. Визначені масиви вхідної, керуючої і вихідної інформації, а також механізми, які забезпечують реалізацію технології. Проведено декомпозицію запропонованої технології на складові функціональні процеси. Визначено, що основними функціональними процесами інформаційної технології визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими вадами опорно-рухового апарату є: збір інформації про стан пацієнта, кодування якісних та кількісних показників про стан пацієнта, визначення ймовірності появи м'язового тремору та формування висновку про стан пацієнта. Процес визначення ймовірності появи м'язового тремору базується на математичному моделюванні з використанням методів бінарної логістичної регресії та послідовного аналізу Вальда. Проведено концептуальне моделювання даних, в результаті якого для зберігання необхідної клініко-діагностичної інформації запропоновано 15 сутностей. Розроблено структурну схему інформаційної системи визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими вадами опорно-рухового апарату, яка складається з десяти взаємопов'язаних блоків та дозволяє автоматизувати процеси збору, обробки, аналізу, зберігання та передачі інформації щодо стану пацієнта. Використання запропонованої системи дозволить покращити якість післяопераційного пробудження, знизити рівень післяопераційного болю і дискомфорту, поліпшити моніторинг.

**Ключові слова:** анестезія; апарат опорно-руховий; моніторинг; система інформаційна; тремор м'язовий**TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE OCCURRENCE OF MUSCLE TREMOR AFTER ANESTHESIA IN CHILDREN WITH CONGENITAL DISORDERS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM****O. VYSOTSKA<sup>1</sup>, A. OVCHENKO<sup>2</sup>, O. GUBANOVA<sup>3</sup>, A. PECHERSKA<sup>1</sup>,  
O. DOVNAR<sup>1</sup>, G. DOBRORODNIA<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Kharkiv National Aerospace University – "Kharkiv Aviation Institute", Department of radio-electronic and biomedical computer-aided means and technologies, Kharkiv, UKRAINE<sup>2</sup> Kharkiv National University of Radio Electronics, Department of biomedical engineering, Kharkiv, UKRAINE<sup>3</sup> Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education, Department of pediatric anesthesiology and intensive care Kharkiv, UKRAINE

**ABSTRACT** The paper substantiates the relevance of predicting the occurrence of muscle tremor in the postoperative period in children with congenital defects of the musculoskeletal system. Postoperative tremor is a common complication of surgery for the correction of congenital defects of the musculoskeletal system in children. Its presence may worsen the conditions for conducting traditional monitoring; therefore, an early prediction of its occurrence is an important condition for the selection of anesthetic management of the perioperative period. The functional structure of information technology to determine the occurrence of muscle tremor after anesthesia in children with congenital defects of the musculoskeletal system has been developed. The arrays of input, control and output information, as well as mechanisms that ensure the implementation of the technology are defined. The decomposition of the proposed technology into its constituent functional processes was carried out. It was determined that the main functional processes of information technology to determine the occurrence of muscle tremor after anesthesia in children with congenital defects of the musculoskeletal system are: collecting information about the patient's condition, coding qualitative and quantitative indicators about the patient's condition, determining the likelihood of muscle tremor and forming a conclusion about the patient. The process of determining the likelihood of muscle tremor is based on mathematical modeling using the methods of binary logistic regression and sequential analysis of Wald. A conceptual data modeling was carried out, as a result of which 15 entities were proposed for storing the necessary clinical diagnostic information. It is presented a block diagram of an information system for

*determining the occurrence of muscle tremors after anesthesia in children with congenital defects of the musculoskeletal system, which consists of ten interconnected blocks and allows you to automate the process of collecting, processing, analyzing, storing and transmitting information about the patient's condition. The use of the proposed system will improve the quality of postoperative awakening, reduce the level of postoperative pain and discomfort, and improve monitoring.*

**Keywords:** *anesthesia; information system; muscle tremor; musculoskeletal system; monitoring*

## Вступ

Операції з приводу корекції вроджених вад опорно-рухового апарату у дітей характеризуються високою складністю, тривалістю, багатоетапністю, значною травматичністю та крововтратою. У ранньому післяопераційному періоді існує високий ризик прояву ускладнень і неприємних реакцій, особливо у дітей раннього віку з вродженими вадами розвитку, що зумовлено коморбідністю станів [1].

Частота виникнення післяопераційного м'язового тремору при спінальній анестезії становить 19,5 % [2,3], 16,7 % дітей, які отримують хвостову анестезію, відчують тремтіння після пробудження [4,5].

Післяопераційний тремор є поширеним та неприємним ускладненням післяопераційного періоду, що модулюється центром терморегуляції гіпоталамуса і виражається у спонтанних асинхронних скороченнях скелетної мускулатури [6]. Поява м'язового тремору може погіршувати умови проведення традиційного моніторингу.

Сучасні підходи до вивчення патомеханізмів різних форм тремору базуються на балістичному аналізі рухів, електрофізіологічному тестуванні рефлексів [7], дослідженні моторних потенціалів при транскраніальній магнітній стимуляції, вивченні локальних потенціалів базальних гангліїв, зареєстрованих від вживлених електродів глибокої стимуляції мозку [8]. Також для виявлення тремору, як набору даних, використовується метод виявлення імпульсів ЕМГ, де використовується мінімізація функцій витрат для надання набору параметрів [9].

Для діагностування різних типів тремору, наприклад, тремору спокою, кінетичного тремору, запропоновано програмно-апаратний комплекс [10], який реєструє відеокамерою положення зафіксованого на досліджуваній ділянці тіла пацієнта маркера та аналізує отриману інформацію в реальному масштабі часу.

У роботі [11] запропоновано комп'ютерну програму, яка базується на дослідженні основних параметрів імунної системи, оцінці фізикального та нейростатусу за шкалами ASA, SOFA в передопераційному і післяопераційному періодах, що дозволяє вивчити реакцію організму на анестезію і надає можливість сформулювати поняття «нормострес».

У дослідженнях [12,13] описано системи, які дозволяють розрахувати числові показники ризиків виникнення найбільш небезпечних ускладнень в періопераційному періоді та оцінюють ризик виникнення інсульту, аритмії, інфаркту.

Однак зазначені системи не передбачають розрахунок ризику виникнення м'язового тремору.

Таким чином, вище викладене дозволяє встановити, що проблема визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату залишається актуальною і до кінця не вирішеною.

## Мета роботи

Метою роботи є розробка методу прогнозування виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими вадами опорно-рухового апарату з метою запобігання розвитку ускладнень, зниження рівня післяопераційного болю та дискомфорту.

## Виклад основного матеріалу

З метою розробки методу прогнозування було відібрано 84 пацієнта віком від 1 до 4 років, яким проводилася хірургічна корекція з приводу: вродженого вивиху стегна, вродженої хондродисплазії, вродженого скорочення кінцівки, вродженої клишоногості, деформації стоп, полідактилії та ін. Всі пацієнти пройшли комплексне обстеження, яке містило аналіз усіх клініко-лабораторних показників.

Оцінка інтенсивності тремору визначалась наступним чином: 0 – немає тремтіння; 1 – периферична вазоконстрикція, але відсутність видимого тремтіння; 2 – м'язова активність лише в одній групі м'язів; 3 – м'язова активність у більш ніж одній групі м'язів, але не узагальнена; 4 – тремтіння за участю всього тіла.

Для виявлення факторів ризику виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату був використаний метод бінарної логістичної регресії та послідовний аналіз Вальда.

Під час розробки технології визначення виникнення м'язового тремору у дітей з вродженими вадами опорно-рухового апарату були зібрані та опрацьовані кількісні та якісні показники стану пацієнта, які були отримані під час проведення хірургічного втручання. Оскільки дослідження передбачають велику кількість інформації, виникла потреба в автоматизації цього процесу і створенні інформаційної технології, схема функціональної структури якої наведена на рис. 1.

На вхід розробленої технології надходять дані щодо значень клініко-лабораторних показників, результатів тестів та особиста інформація [14]. Клініко-лабораторні показники містять відомості про значення рівня глюкози, гемоглобіну, кетонів, тіл, інсуліну. Результати тестів містять відомості про проходження тестів на пам'ять до і після анестезії.

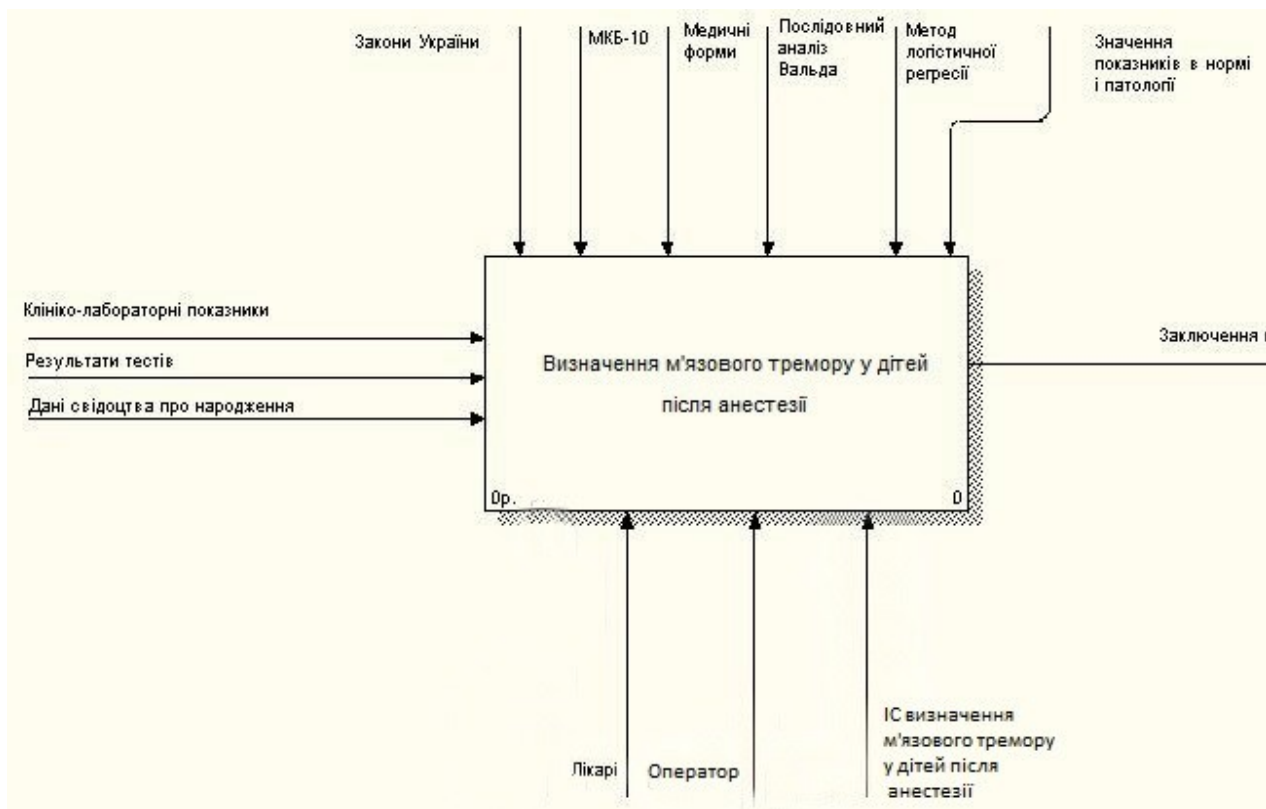


Рис. 1 – Схема функціональної структури технології визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату

Більш детальний опис технології визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату наведено на діаграмі декомпозиції першого рівня (рис. 2). Технологія визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату складається з чотирьох важливих процесів: «Збір інформації про стан пацієнта», «Кодування якісних та кількісних показників про стан пацієнта», «Визначення ймовірності появи м'язового тремору», «Формування висновку про стан пацієнта». На першому етапі визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату зчитуються дані клініко-лабораторних досліджень, результати проходження тестів, а також дані пацієнта. Потім проводиться обробка вхідної інформації. Результатом роботи «Кодування якісних та кількісних показників про стан пацієнта» є закодовані дані. Відібрані дані представляються як кількісні, категоріальні (номінальні) і порядкові показники. Закодована інформація про стан пацієнта, надходить на вхід роботи «Визначення ймовірності появи м'язового тремору», результатом якої є значення ймовірності появи м'язового тремору, яка розраховується шляхом математичного моделювання за допомогою методу бінарної логістичної регресії та послідовного аналізу Вальда.

Розраховане значення ймовірності появи м'язового тремору надходить на «Формування висновку про стан пацієнта», в якому інформація щодо пацієнта представляється в зручному для лікаря вигляді.

Для зберігання всієї необхідної інформації запропоновано базу даних, яка складається з наступних сутностей:

- «Disease\_catalog» – містить відомості про коди діагнозів захворювань опорно-рухового апарату і їх розшифровку;

- «Doctor» – містить основні паспортні дані лікаря, його спеціалізацію, режим роботи;

- «Patient» – містить основні біографічні дані пацієнта, відомості про супутні і перенесені захворювання;

- «Hemodynamic parameters» – містить перелік показників, які відображають периферичну гемодинаміку людини: систолічний та діастолічний артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень, SpO<sub>2</sub> (рівень насичення крові киснем), PetCO<sub>2</sub> (максимальна концентрація CO<sub>2</sub> в кінці видиху), частоту серцевих скорочень (ЧСС);

- «Visit» – містить атрибути для зберігання інформації про результати огляду пацієнта (скарги), результати діагностики;

- «Indicators of physical development» – містить відомості необхідні для оцінки ступеня операційно-анестезіологічного ризику;

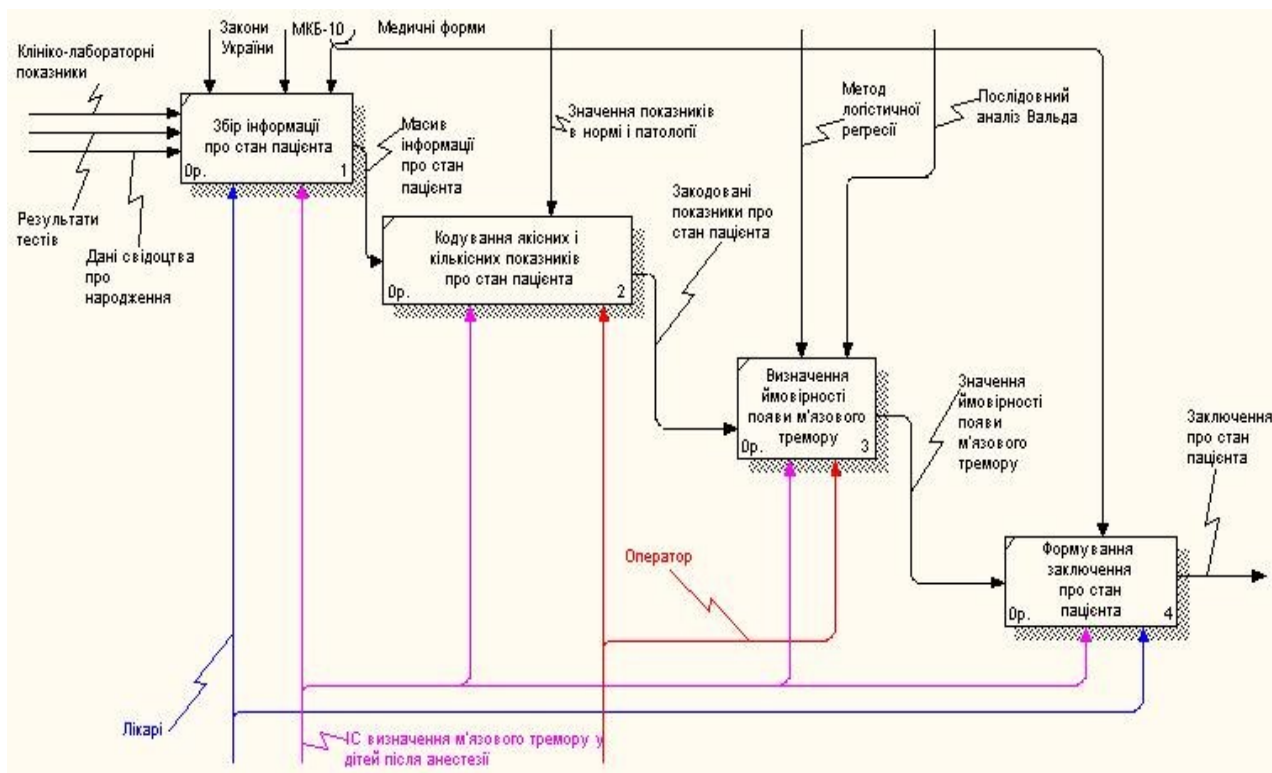


Рис. 2 – Схема функціональної структури технології визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату (декомпозиція 1-го рівня)

- «Modeling» – містить результат моделювання визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату;

- «Klinical indicators» – охоплює значення клініко-лабораторних показників, таких як: інсуліну, глюкози, кортизолу, кетонових тіл;

- «Anesthesia» – включає відомості про метод, техніку проведення і препарати для анестезії;

- «Postoperative manifestations» – містить інформацію про наявність або відсутність післяопераційних небажаних проявів у вигляді нудоти, м'язового тремору, блювання, подразнення дихальних шляхів та ін.;

- «Scales» – містить відомості про рівні болю у пацієнта після застосування анестезії;

- «Indicators of discharge» – містить відомості про пацієнта на момент переведення в палату, які необхідні для оцінки стану організму, включає час переведення в палату, показники апетиту, сну, сечовипускання;

- «Tests» – містить в себе дані, які характеризують стан пацієнта та базуються на результатах проходження тестів на пам'ять, як до так і після операції.

- «Coefficients» – містить в себе атрибути для збереження значень коефіцієнтів, які використовуються для розрахунку ймовірності виникнення м'язового тремору у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату після анестезії.

- «KAT/KLAMS\_scale» – містить відомості про пізнавальний і моторний розвиток пацієнта до і після операції.

### Обговорення результатів

Розроблена технологія є основою для побудови інформаційної системи визначення виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими вадами опорно-рухового апарату (рис. 3).

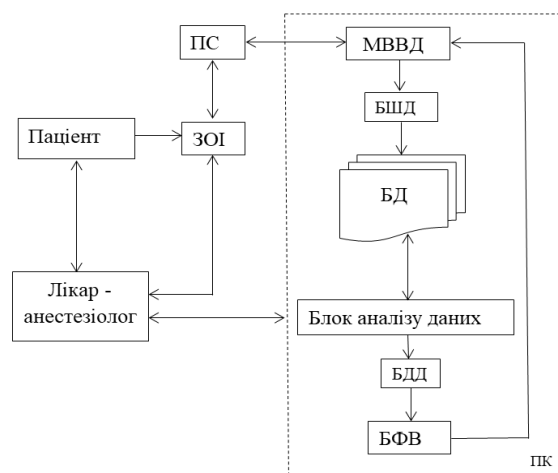


Рис. 3 – Структурна схема інформаційної системи визначення виникнення м'язового тремору після анестезії

Розглянемо основні складові структурної схеми інформаційної системи:

ЗОІ (засоби отримання інформації) – поєднують результати лікарського огляду, а також аналітичні та лабораторно-клінічні дослідження, які призначені лікарем;

МВВД – модуль введення/виведення даних, який служить для реєстрації паспортних та антропометричних даних пацієнта, результатів обстежень та досліджень, а також служить для виведення отриманих результатів на екран та друкуючий пристрій;

ПС (пристрій сполучення) – цей блок необхідний для конвертування вхідних даних в єдиний формат бази даних для зручності подальшої інтерпретації результатів;

БД (база даних) призначена для довгострокового збереження вихідних даних та даних, які надходять. Надає всю необхідну інформацію про пацієнта, про його історію хвороби. В ході збору інформації в БД зберігаються симптоми, особливості хвороби, супутні та перенесені захворювання, результати лабораторно-клінічних досліджень, обраний метод визначення розвитку рухового збудження після анестезії, формується висновок;

БФВ – блок формування висновку, де висновок подається у вигляді текстового бланку з результатами про наявність або відсутність ймовірності розвитку рухового збудження після анестезії у конкретного пацієнта після анестезії;

БШД – блок шифрування даних;

БДД – блок дешифрування даних;

ПК – персональний комп'ютер лікаря-анестезіолога за допомогою якого проводиться визначення рухового збудження після анестезії.

Система працює наступним чином.

Лікар-анестезіолог реєструє дані про загальний стан пацієнта, скарги і анамнез пацієнта та вносить дані з використанням діалогових вікон системи. Далі лікар направляє пацієнта на необхідні діагностичні обстеження. Всі отримані дані зберігаються у БД.

Після введення інформації відбувається шифрування особливих даних з використанням симетричного алгоритму блочного шифрування [15]. Вся необхідна інформація зберігається у блоці БД.

У блоці аналізу даних відбувається визначення ймовірності появи рухового збудження на підставі даних огляду, анамнезу та результатів обстежень за допомогою застосування методу логістичної регресії та послідовного аналізу Вальда. Інформація про результати визначення ймовірності появи м'язового тремору надходять в БД для збереження.

З блоку формування висновку інформація надходить в модуль введення/виведення інформації. Лікар має змогу переглянути отримані результати на екрані монітору та роздрукувати їх.

Визначення ризику виникнення м'язового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно-рухового апарату полягає у розрахунку ймовірності появи м'язового тремору за

рівнянням бінарної логістичної регресії. Для прийняття рішення про придатність моделі виконана оцінка її предикторів згідно критерію Вальда та проведена оцінка ефективності моделі на основі результатів ROC-аналізу.

## Висновки

Розроблена технологія та створена на її базі інформаційна система дозволяють за рахунок врахування діагностично важливих показників моніторингу стану пацієнтів з вродженими патологіями опорно-рухового апарату визначити ризик виникнення м'язового тремору після анестезії.

Результати багатофакторного дослідження показали відсутність зв'язку виникнення післяопераційного тремору зі статтю та віком пацієнтів, тривалістю операції, температури тіла дитини та навколишнього середовища. Дослідження показали залежність виникнення ускладнення від наявності супутніх захворювань, обраного методу анестезії та його компонентів.

Використання розробленої інформаційної системи дозволяє знизити рівень післяопераційного болю та дискомфорту, покращити якість післяопераційного моніторингу та може використовуватись в державних, комунальних і комерційних медичних установах.

## Список літератури

1. **Ланцев, Е. А.** Анестезия, интенсивная терапия и реанимация: руководство / **Е. А. Ланцев, В. В. Абрамченко**. – М.: МЕДпресс-информ, 2011. – 624 с.
2. **Осипова, Н. А.** Боль в хирургии: средства и способы защиты / **Н. А. Осипова, В. В. Петрова**. – Москва: МИА, 2013. – 464 с.
3. **Weller, J. M.** Best practice and patient safety in anaesthesia / **J. M. Weller** // *British Journal of Anaesthesia*. – 2013. – 110(5). – С. 671-683. – doi:10.1093/bja/aet011.
4. **Hongfei, L.** Preventative effect of ondansetron on postanesthesia shivering in children undergoing caudal anesthesia / **L. Hongfei, W. Jiangmei, J. Ziying, H. Yaoqin** // *Pediatric Research* 79. – 2015. – P. 96-99.
5. **Горбань, В. И.** Медицинская информационная система в практике анестезиолога и реаниматолога / **В. И. Горбань, А. В. Щеголев, М. Ю. Бахтин** // *Анестезиология и реаниматология*. – 2017. – Т 62. – № 3. – С. 209-212.
6. **Wuehr, M.** Walking in orthostatic tremor modulates tremor features and is characterized by impaired gait stability / **M. Wuehr, C. Schlick, K. Möhwald, R. Schniepp** // *Scientific Reports*.-2018. – Vol. 8. – №14152. – doi: 10.1038/s41598-018-32526-8.
7. **Bahadır, S.** Decision of sensor location and best classification method for entrail and muscle disease detection in healthcare smart clothing based on acceleration measurements / **S. Bahadır** // *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. – 2015. – Vol. 37. – P. 999-1008. – doi:10.1177/0142331214552513.
8. **Лихачёв, С. А.** Тремор: феноменология и способы регистрации / **С. А. Лихачёв, В. В. Ващилин, С. К. Дик** // *Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии*. – Минск, 2013. – С. 1-10.

9. **Marchis, De.** Detection of tremor bursts from the sEMG Signal: An optimization procedure for different detection methods / **De. Marchis, S. Conforto, G. Severini** // *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.* – 2011. – Vol. 6091851. – P. 7508-7511. – doi: 10.1109/IEMBS.2011.6091851.
10. **Machowska-Majchzak, A.** Analysis of selected parameters of tremor recorded by a biaxial accelerometer in patients with parkinsonian tremor, essential tremor and cerebellar tremor / **A. Machowska-Majchzak, K. Pierzchala, S. N. Pietraszek** // *Neurol. Neurochir.* – 2007. – № 41(3). – P. 241-250.
11. **Колесников, А. Н.** Прогнозирование осложнений в послеоперационном периоде у пациентов с синдромом внутречерепной гипертензии / **А. Н. Колесников** // *Клиническая рудничная больница.* – 2013. С. 89-93.
12. **Кумакшев, А. В.** Автоматизированная система оценки операционного риска / **А. В. Кумакшев** // *Перспективные информационные технологии.* – 2015. – Т. 1. – С. 337-340.
13. **Драгун, И. А.** Автоматизированная система количественной оценки операционного риска / **И. А. Драгун, Г. Г. Устинов** // *Международный медицинский журнал.* – 2014. – № 3. – С. 217-221.
14. **Овченко, А. С.** Методы диагностики врожденных патологий опорно-рухового аппарата у дітей / **А. С. Овченко** // *Проблемы биомедицины. Наука и технологии.* – Харьков: Изд-во ХНУРЭ. – 2017. – С. 143-144.
15. **Руженцев, В. І.** Організація захисту інформації в інформаційній системі визначення тяжкості стану пацієнтів з серцево-судинними патологіями / **В. І. Руженцев, Г. С. Доброродня, О. В. Висоцька, Т. А. Куліш** // *Радіоелектронні та комп'ютерні системи.* – 2018. – № 3. – С. 126-131.
6. **Wuehr, M., Schlick C, K. Möhwald, R. Schniepp.** Walking in orthostatic tremor modulates tremor features and is characterized by impaired gait stability. *Scientific Reports*, 2018, **8**, 14152, doi: 10.1038/s41598-018-32526-8.
7. **Bahadır, S.** Decision of sensor location and best classification method for entrail and muscle disease detection in healthcare smart clothing based on acceleration measurements. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 2015, **37**, 999-1008, doi:10.1177/0142331214552513.
8. **Likhachov, S. A., Vashchilin, V. V., Dik, S. K.** Tremor: fenomenologiya i sposoby registratsii. [Tremor: Phenomenology and methods of registration]. *Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery.* Minsk, 2013, 1-10.
9. **Marchis, D., Conforto, S., Severini, G.** Detection of tremor bursts from the sEMG Signal: An optimization procedure for different detection methods. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2011, **6091851**, 7508-7511, doi: 10.1109/IEMBS.2011.6091851.
10. **Machowska-Majchzak, A., Pierzchala, K., Pietraszek, S. N.** Analysis of selected parameters of tremor recorded by a biaxial accelerometer in patients with parkinsonian tremor, essential tremor and cerebellar tremor. *Neurol. Neurochir*, 2007, **41(3)**, 241-250.
11. **Kolesnikov, A. N.** Prognozirovaniye oslozhneniy v posleoperatsionnom periode u patsiyentov s sindromom vnutrecherepnoy gipertenzii [Prediction of complications in patients with intracranial hypertension syndrome]. *Klinicheskaya rudnichnaya bol'nitsa [Clinical Mine Hospital]*, 2013, 89-93.
12. **Kumakshev, A. V.** Avtomatizirovannaya sistema otsenki operatsionnogo riska [Automated system of operational risk assessment]. *Perspektivnyye informatsionnyye tekhnologii [Perspective information technologies]*, 2015, **1**, 337-340.
13. **Dragun, I. A., Ustinov, G. G.** Avtomatizirovannaya sistema kolichestvennoy otsenki operatsionnogo riska [Automated system for quantitative assessment of operational risk]. *Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal [International Medical Journal]*, 2014, **3**, 217-221.
14. **Ovchenko, A.S.** Metodi diagnostiki vrodzhenikh patologiy oporno-rukhnovogo aparatu u ditey [Methods of diagnostics in the abnormal pathologic support-rukhnovogo apparatus in children]. *Problemy biomedinzhenerii. Nauki i tekhnologii [Problems of bio-engineering. Science and technology]*. Kharkov: Publishing house KNURE 2017, 143-144.
15. **Ruzhentsev, V. I., Dobrorodnya, G. S., Visotska, O. V., Kulish, T. A.** Organizatsiya zakhistu informatsii v informatsionnyy sistemі viznachennya tyazhkosti stanu patsiyentiv z sertsevo-sudinnimi patologiyami [Organizing for the informatics in the informative systems for Assigning a Severe Risk for Patients with Heart and Sick Pathology]. *RECS*, 2018, **3**, 126-131.

#### References (transliterated)

1. **Lantsev, Ye. Abramchenko, V. V.** Anesteziya, intensivnaya terapiya i reanimatsiya: rukovodstvo [Anesthesia, intensive care and resuscitation: guidance]. M.: *MEDpress-inform*, 2011, 624.
2. **Osipova, N. A, Petrova, V. V.** Bol' v khirurgii: sredstva i sposoby zashchity [Pain in surgery: means and methods of protection]. Moskva, 2013, 464.
3. **Weller, J. M., Merry, A. F.** Best practice and patient safety in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 2013, **110(5)**, 671-683, doi 10.1093/bja/aet011.
4. **Hongfei, L., Jiangmei, W., Ziying, J., Yaoqin, H.** Preventative effect of ondansetron on postanesthesia shivering in children undergoing caudal anesthesia: a randomized double-blinded clinical trial. *Pediatric Research* 79, 2015, 96-99.
5. **Gorban', V. I., Shchegolev, A.V.** Meditsinskaya informatsionnaya sistema v praktike anesteziologa i reanimatologa. [Medical information system in the practice of an anesthesiologist and resuscitator]. *Anesteziologiya i reanimatologiya [Anesthesiology and Resuscitation]*, 2017, **3(62)**, 209-212.

#### Сведения об авторах (About authors)

**Висоцька Олена Володимирівна** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, Харківський національний аерокосмічний університет ім. М.С.Жуковського «ХАІ», м. Харків; Україна; ORCID: 0000-0003-3723-9771; e-mail: evisotska@ukr.net.

**Olena Vysotska** – Doctor of Technical Sciences, professor, Head of radio-electronic and biomedical computer-aided means and technologies department, National Aerospace University – "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv; Ukraine; ORCID: 0000-0003-3723-9771; e-mail: evisotska@ukr.net.

**Овченко Аліна Сергіївна** – магістрант кафедри біомедичної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків; Україна; ORCID: 0000-0002-3159-0483, e-mail: alinkaov4enko@gmail.com.

**Аліна Овченко** – master student of biomedical engineering department, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv; Ukraine; ORCID: 0000-0002-3159-0483; e-mail: alinkaov4enko@gmail.com.

**Губанова Ольга Веніамінівна** – аспірант кафедри дитячої анестезіології та інтенсивної терапії, Харківська медична академія післядипломної освіти, м. Харків; Україна; ORCID: 0000-0002-0211-420X.

**Olga Gubanova** – postgraduate student of pediatric anesthesiology and intensive care department, Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education, Kharkiv; Ukraine; ORCID: 0000-0002-0211-420X.

**Печерська Анна Іванівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, Харківський національний аерокосмічний університет ім. М.С.Жуковського «ХАІ», м. Харків; Україна; ORCID: 0000-0001-7069-0674, e-mail: a.pecherska@khai.edu.

**Anna Pecherska** – Ph.D., associate professor of radio-electronic and biomedical computer-aided means and technologies department, National Aerospace University – "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv; Ukraine; ORCID: 0000-0001-7069-0674, e-mail: a.pecherska@khai.edu.

**Довнар Олександр Йосипович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри радіоелектронних комп'ютеризованих та біомедичних засобів і технологій, Харківський національний аерокосмічний університет ім. М.С.Жуковського «ХАІ», м. Харків; Україна; ORCID: 0000-0001-7171-0024, e-mail: alexandrdoynar@gmail.com.

**Olexandr Doynar** – Ph.D., associate professor of radio-electronic and biomedical computer-aided means and technologies department, National Aerospace University – "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv; Ukraine; ORCID: 0000-0001-7171-0024, e-mail: alexandrdoynar@gmail.com.

**Добродорня Ганна Сергіївна** – аспірант кафедри біомедичної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків; Україна; ORCID: 0000-0002-3651-1000; e-mail: hanna.dobrorodnia@ukr.net.

**Hanna Dobrorodnia** – postgraduate student of biomedical engineering department, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv; Ukraine; ORCID: 0000-0002-3651-1000; e-mail: hanna.dobrorodnia@ukr.net.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Висоцька, О. В.** Технологія визначення виникнення мязового тремору після анестезії у дітей з вродженими патологіями опорно рухового апарату / **О. В. Висоцька, А. С. Овченко, О. В. Губанова, А. І. Печерська, О. Й. Довнар, Г. С. Добродорня** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2019. – № 10 (1335). – С. 38-44. – doi:10.20998/2413-4295.2019.10.05.

*Please cite this article as:*

**Vysotska, O., Ovchenko, A., Gubanova, O., Pecherska, A., Doynar, O., Dobrorodnia, H.** Technology for determining the occurrence of muscle tremor after anesthesia in children with congenital disorders of the musculoskeletal system. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2019, 10 (1335), 38-44, doi:10.20998/2413-4295.2019.10.05.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Высоцкая, Е. В.** Технология определения возникновения мышечного тремора после анестезии у детей с врожденными патологиями опорно-двигательного аппарата / **Е. В. Высоцкая, А. С. Овченко, О. В. Губанова, А.И. Печерская, А. И. Довнар, А. С. Добродорня** // *Вестник НТУ «ХПІ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПІ». – № 10 (1335). – С. 38-44. – doi:10.20998/2413-4295.2019.10.05.

**АННОТАЦИЯ** В работе обоснована актуальность прогнозирования возникновения мышечного тремора в послеоперационном периоде у детей с врожденными пороками опорно-двигательного аппарата. Послеоперационный тремор является распространенным осложнением операций по поводу коррекции врожденных пороков опорно-двигательного аппарата у детей. Его наличие может ухудшать условия проведения традиционного мониторинга, поэтому заблаговременное прогнозирование его появления является важным условием выбора анестезиологического обеспечения периоперационного периода. Разработана функциональная структура информационной технологии определения возникновения мышечного тремора после анестезии у детей с врожденными пороками опорно-двигательного аппарата. Определены массивы входной, управляющей и выходной информации, а также механизмы, обеспечивающие реализацию технологии. Проведена декомпозиция предложенной технологии на составляющие функциональные процессы. Определено, что основными функциональными процессами информационной технологии определения возникновения мышечного тремора после анестезии у детей с врожденными пороками опорно-двигательного аппарата являются: сбор информации о состоянии пациента, кодирование качественных и количественных показателей о состоянии пациента, определение вероятности появления мышечного тремора и формирование заключения о состоянии пациента. Процесс определения вероятности появления мышечного тремора базируется на математическом моделировании с использованием методов бинарной логистической регрессии и последовательного анализа Вальда. Проведено концептуальное моделирование данных, в результате которого для хранения необходимой клинико-диагностической информации предложено 15 сущностей. Разработана структурная схема информационной системы определения возникновения мышечного тремора после анестезии у детей с врожденными пороками опорно-двигательного аппарата, которая состоит из десяти взаимосвязанных блоков и позволяет автоматизировать процессы сбора, обработки, анализа, хранения и передачи информации о состоянии пациента. Использование предложенной системы позволит улучшить качество послеоперационного пробуждения, снизить уровень послеоперационной боли и дискомфорта, улучшить мониторинг.

**Ключевые слова:** анестезия; аппарат опорно-двигательный; мониторинг; система информационная; тремор мышечный

*Поступила (received) 22.04.2019*