УДК 519.71+004.652.4+004.827

А. Б. Бузиновський,
Д. М. Баязітов,
А. В. Ляшенко,
Д. В. Новіков,
Т. Л. Годлевська, *канд. мед. наук,*
К. А. Біднюк, *канд. мед. наук*

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ХІРУРГА

Одеський національний медичний університет

У лапароскопічній хірургічній практиці існує проблема чіткої орієнтації лапароскопічного інструмента відносно навколишніх тканин, розташування яких, крім індивідуальних особливостей, також є зумовленим і характером відповідного патологічного процесу. Вирішення подібних питань можливе як на основі трекінгу — автоматизованого супроводу лапароскопа з орієнтацією на зовнішні координати (комп'ютерно асистована лапароскопічна хірургія), так і шляхом автоматизованого розпізнавання тканин, які оточують лапароскоп [2; 5; 10]. Останнє досягається шляхом вивчення та ідентифікації «текстури» поверхні окремих органів — кишечнику, печінки, нирки тощо [1; 11]. Однією із додаткових можливостей, які відкриваються при проведенні комп'ютерно асистованого втручання, є автоматизована діагностика «розпізнавання» окремих ділянок, підозрілих щодо виникнення патологічних змін [7].

Тому актуальною є розробка та реалізація інформаційних медичних систем, які здатні в автоматичному режимі виявляти підозрілі щодо наявності патологічних змін ділянки та визначати тип і виразність патологічного процесу [11]. Останнім часом у класифікації та дослідженні медичних зображень провідне місце посідає машинне (глибоке) навчання з використанням згортальних нейронних мереж [7]. Автори визначають, що за останній рік (2017) з друку вийшла переважна частина публікацій з використанням зазначеного підходу із 300, які було прийнято до розгляду за критеріями доказової медицини. Одночасно технологія класифікації лапароскопічних зображень набула широкого застосування в гінекологічній практиці [12].

Раніше нами було реалізовано інформаційно-технічну систему, яка дозволяє діагностувати наявність вогнища запалення в тканинах органів малого таза та черевної порожнини на основі машинного навчання [1; 11].

Мета роботи — визначення функціональної організації інформаційної системи підтримки рішення хірурга з урахуванням її роботи в складі шпитальної медичної інформаційної системи та роботи модуля прийняття рішення відповідно до виду прийнятого рішення [8].

Матеріали та методи дослідження

До моделювання функціональної організації системи підтримки прийняття рішення хірурга (СППРХ) залучено загальні положення теорії інформації, методи теорії інформаційних систем, інформаційного моделювання та розроблення інформаційних систем, алгоритми теорії керування, а також медичний інформаційний стандарт HL7 у частині рекомендацій щодо побудови медичних інформаційних моделей та DICOM 3.0 у частині передання зображення, які є інформативними щодо характеристик

© А. Б. Бузиновський, Д. М. Баязітов, А. В. Ляшенко та ін., 2018

тканин і підпадають під аналіз щодо наявності відмінностей від відповідної норми.

Результати дослідження та їх обговорення

Узагальнена структурна схема СППРХ передбачає наявність двох функціонально поєднаних підрозділів — підсистеми надходження та поповнення даними і безпосередньо системи вибору методу прийняття рішення відповідно до характеру даних, які підлягають аналізу й потребують підтримки з питань прийняття рішення (рис. 1).

Вимоги до даних, які є прийнятними для застосування СППРХ, включають їхню відповідність чинним медичним інформаційним стандартам, медичним алгоритмам — стандартам діагностики, а також етапності надання хірургічної допомоги пацієнту. Контроль відповідності інформації, яка надходить до СППРХ, здійснюється за допомогою валідатора. Зокрема, в автоматизованому режимі відбувається ідентифікація електронного документа, перевірка заповнення його полів, перевірка максимальних та мінімальних значень, діапазонів чисел, автоматично відображуються відповідні помилки з підказками щодо відповідного оформлення вхідної інформації. Валідатор забезпечує відповідність інформації, яка надходить до системи, технічним умовам роботи системи, а також усім вимогам до системи обробки інформації, яку було прописано при її створенні.

Також до відповідних інформаційних критеріїв, які контрольовані валідатором, належать вимоги щодо автоматизованого аналізу відеолапароскопічних зображень й окремих ділянок, які підозрюють щодо наявності патологічного процесу і які виділені програмними засобами на загальному зображенні дисплея [11].

Реалізація вибраної конфігурації обміну даними здійснюється на етапі взаємодії бази знань, сховища даних, а також оперативної бази даних з блоком прийняття рішення, який, у свою чергу, взаємодіє з блоком методів прийняття рішень, а також блоком корекції прийняття рішень (див. рис. 1). Вибір конфігурації залежить від етапу надання підтримки прийняття рішення, а також від того, чи є втручання плановим або ургентним.

Згідно з критеріями окремих видів прийняття рішень [8; 11], за наявності подібного зображення у базі даних, що визначалося за подібністю критеріїв Хаара, це зображення виводиться на екран разом із підтвердженим для виведеного зображення діагнозом, що визначається як інтуїтивний вид прийняття рішення. Послідовне покрокове виконання діагностичного алгоритму із встановленням діагнозу кваліфікується як прийняття рішення за правилами та рекомендаціями. У разі відсутності діагнозу, а також зміни діагностичного алгоритму визначали аналітичний вид прийняття рішення. Креативним прийняття рішення визнавали за відсутності діагнозу та у разі прийняття хірургом рішення щодо додаткових досліджень зі встановленням діагнозу, а також прийняття рішення, яке не пов'язане з існуючими медичними стандартами діагностики та лікування.

При проектуванні архітектури СППРХ виходили із загальних вимог, які включали необхідність використання відомих рішень за умов розрахунку ризиків певних форм захворювань. Тому передбачена функціональ-

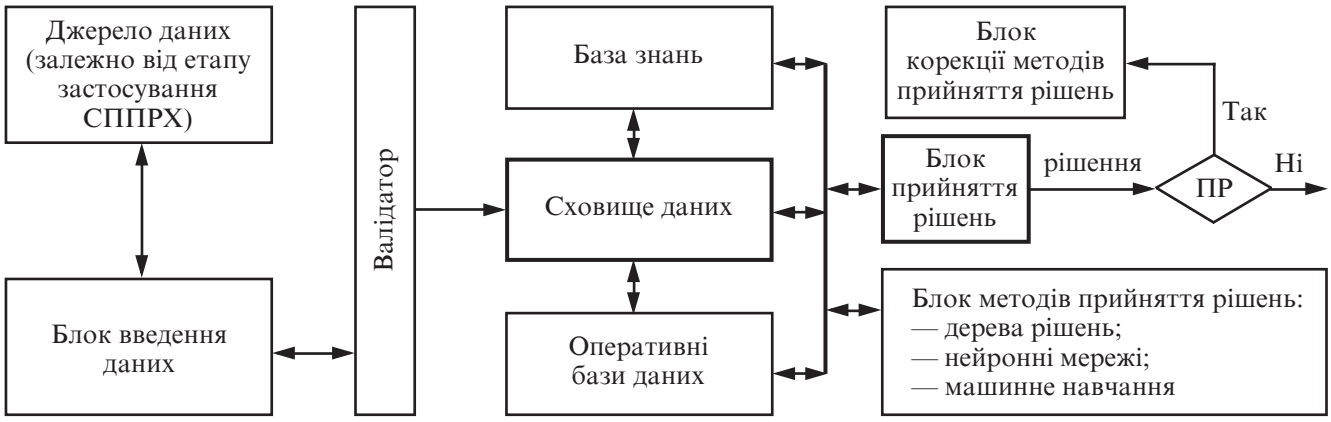

Рис. 1. Узагальнена архітектура системи підтримки прийняття рішення хірурга: ПР — перевірка на помилкове рішення

на взаємодія з бібліотекою методів, шаблонів та моделей прийняття рішень у відповідних ситуаціях. В архітектурі системи передбачено залучення експерта (консиліуму експертів), що за необхідності здійснюється за участі диспетчера при наданні йому функції управління базами даних (рис. 2). Контроль за виконанням процедури підтримки рішення хірурга здійснюється за допомогою інтерфейса користувача та можливості візуалізації даних на етапі роботи системи як у режимі поточної консультації, так і за допомогою виведення текстових і графічних усереднених статистичних даних (див. рис. 2).

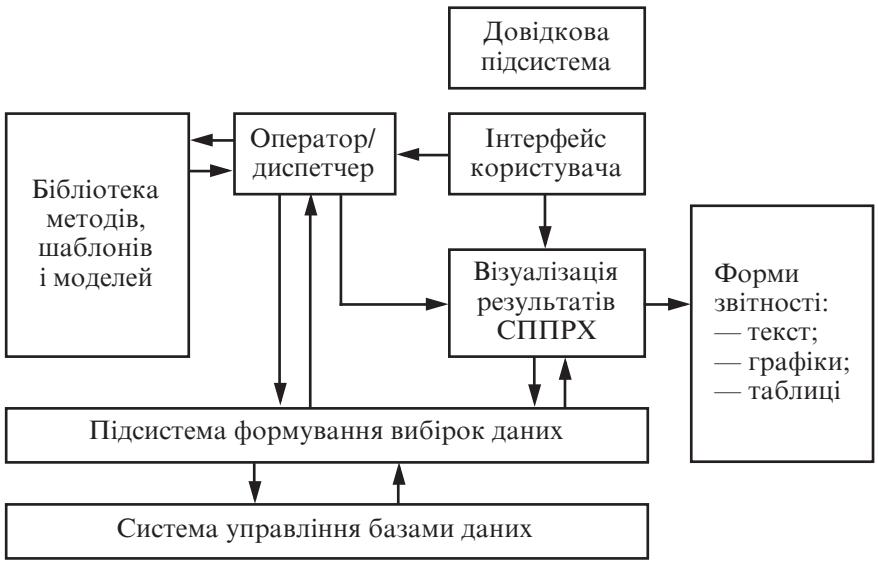

Рис. 2. Функціональні зв'язки системи підтримки рішень при залученні експерта(ів) для обговорення та прийняття рішення

Таким чином, основними функціональними особливостями СППРХ є такі:

— збір необхідної інформації з різних джерел, включаючи особисте введення інформації оператором;

— перетворення інформації у відповідний формат даних;

— формування запитів до систем збереження (баз) даних, можливість обробки даних, пошуку інформації, формування та подання інформації у зручному для аналізу і прийняття рішень вигляді [4; 6];

— адміністрування системи, керування правами доступу до системи, її відновленням, а також забезпечення веб-інтерфейса системи з високошвидкісним доступом до ресурсів за допомогою QR-коду. Подібні особливості устрою та функціонування СППРХ дозволяють здійснити ефективний дистанційний доступ до системи, спрощують супровід та реалізацію системи, а також дають змогу мінімізувати спеціальну підготовку користувачів системи. Задля запобігання несанкціонованого доступу через веб-інтерфейс вводиться додаткова система QR-кодування;

— особливістю сховища даних (СД) системи сьогодні є використання веб-орієнтованих хмарних технологій, які забезпечують найбільшу ефективність збереження і користування медичними інформаційними ресурсами, у тому числі метаданими. Також подібний підхід забезпечує інтероперабельність системи [6; 9].

Блок методів прийняття рішень (БМПР) — найбільш важлива частина СППРХ, яка включає як оригінальні алгоритми роботи, зокрема з питань аналізу відеолапароскопічних зображень — алгоритми текстури, кольору та контуру [1; 11], так і методи аналізу даних, серед яких використано нейронні мережі, нечітку логіку, дерева рішень. Крім того, обов'язковими для аналізу є використання методів математичної статистики — регресійного та багатофакторного аналізу. На рівні використання БМПР розв'язують задачі кластеризації, класифікації, регресії, пошуку асоціативних правил, а також прогнозування [2–4; 9]. Зокрема, застосовують прогнозування стану пацієнта відповідно до шкали ризиків виникнення ускладнень з боку серцево-судинної та дихальної систем.

Завданням блока корекції прийняття рішень є оцінка відповідності застосованого методу прийняття рішень отриманим результатам, що передбачає можливість використання альтернативного методу аналізу та прийняття рішення.

Блок прийняття рішень (БПР) є частиною СППРХ, яка на основі алгоритму обирає одне із наданих БМПР варіантів рішень [9; 11]. Також можливим є наведення всіх можливих рішень у послідовності відповідно до зменшення або зростання їхньої імовірності. Крім того, важливою є також функція наведення додаткових рішень за умови відповідних результатів додаткових досліджень, тобто за сценарієм. Таким чином, БПР може складати умови щодо запиту на додаткову інформацію, яка необхідна для остаточного прийняття рішення. У цьому випадку ранжування окремих рішень може змінюватися або деякі з рішень можуть перейти в ранг малоймовірних. При цьому важливо зазначити,

що ефективність БПР визначається неможливістю появи нових рішень за умови виконання запропонованих сценаріїв.

Згідно з наведеним алгоритмом роботи СППРХ (рис. 3), першим етапом є перевірка повноти представленої для аналізу інформації. На цьому етапі перевірку наявності відповідної документації здійснює диспетчер і середній медичний працівник. Крім того, середній медичний працівник визначається з питанням відносно експерта, якого за необхідності слід запросити, виходячи із його особистого профілю хірургічної діяльності.

Наступним кроком, який здійснює СППРХ, є визначення можливого діагнозу за показниками загального клінічного дослідження, а також оцінка ризиків пацієнта при виконанні хірургічного втручання і при встановленні діагнозу, рекомендації щодо хірургічного лікування пацієнта.

Однак за відсутності належного опису клінічних показників або необхідності додаткової перевірки стану пацієнта за окремими показниками СППРХ визначається із необхідністю надання додаткової інформації. За відсутності діагнозу після отримання додаткової інформації здійснюється діагностична лапароскопія з урахуванням показань до цієї процедури. Після отримання відеолапароскопічних зображень хірург виділяє найбільш підозрілі місця щодо розвитку патологічного процесу і в автоматичному режимі отримує рекомендації стосовно діагнозу, а також розрахунок ризиків стану пацієнта з урахуванням розроблених критеріїв виразності запального процесу.

Слід наголосити, що аналіз лапароскопічного зображення проводиться з урахуванням від-

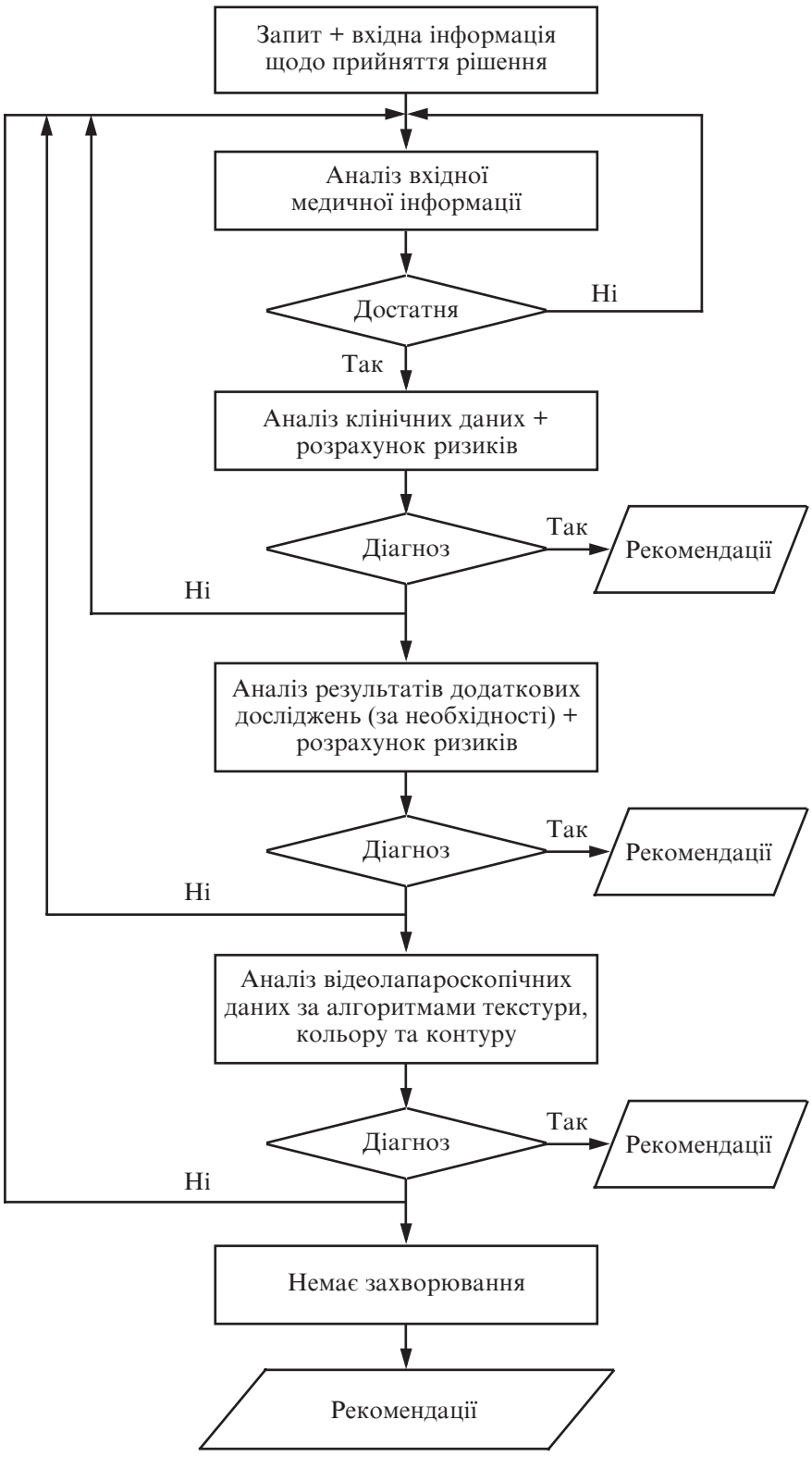

Рис. 3. Загальний алгоритм роботи системи підтримки прийняття рішення хірурга

повідних методів прийняття рішень і послідовного визначення діагностичних можливостей СППРХ у режимі реального часу (рис. 4). Встановлення діагнозу супроводжується рекомендаціями щодо подальших лікувальних заходів. У всіх випадках діагностики подальші рекомендації враховують розрахунок ризиків погіршення стану пацієнта на етапах опера-

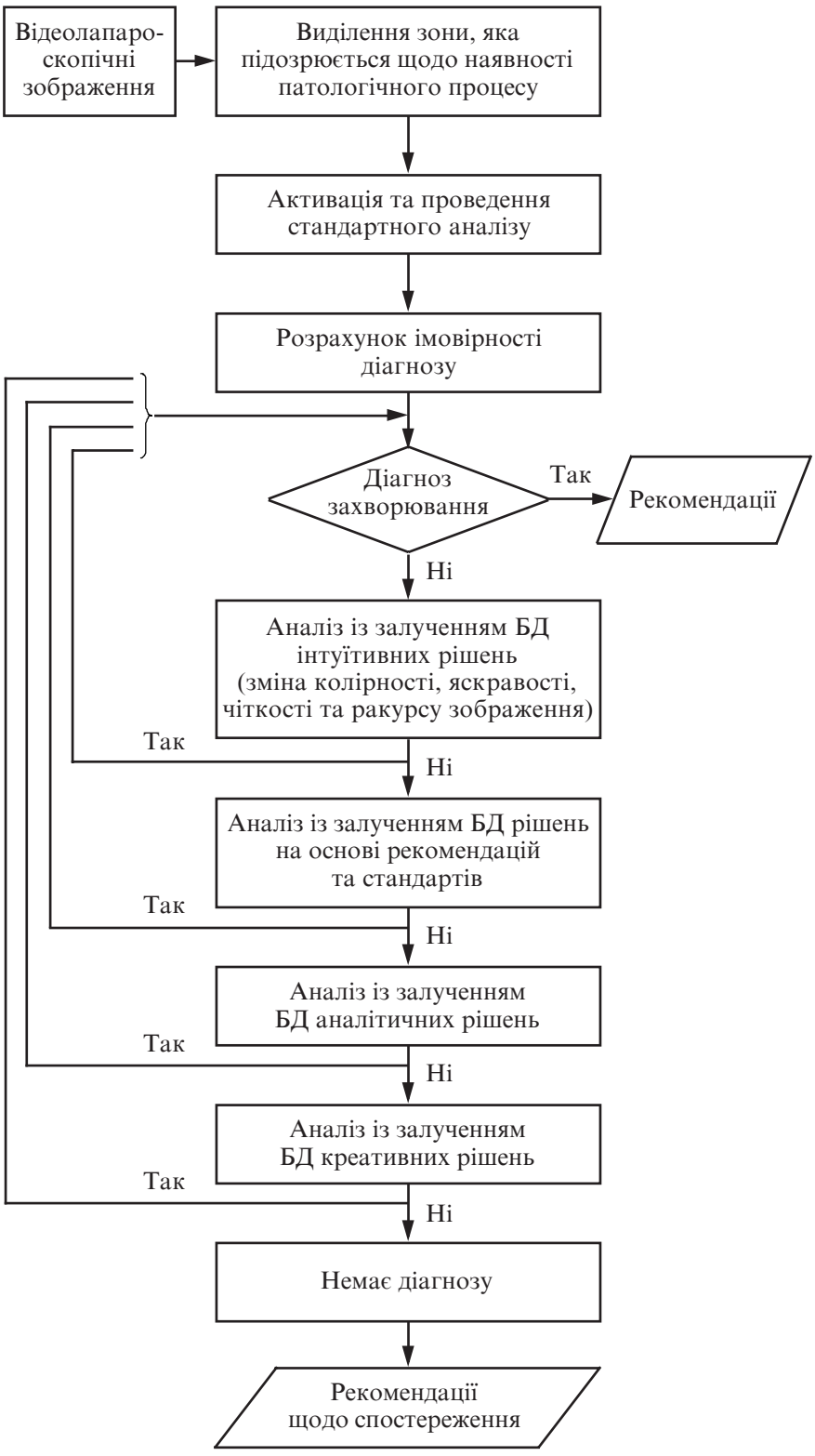

Рис. 4. Алгоритм системи аналізу відеолапароскопічних зображень, що працює за видами прийняття рішень хірургом

тивного лікування та післяопераційного періоду.

У разі відсутності діагнозу після виконання зазначених кроків переходять до рекомендацій, які передбачають тактику спостереження пацієнта, а також поглиблених клініколабораторних досліджень (наприклад, детальне визначення імунологічної реактивності, проведення досліджень на наявність онкомаркерів тощо). Рекомендації у цей період також враховують ризики погіршення стану пацієнта в динаміці спостереження.

Висновки

1. Розроблена модель функціональної організації СППРХ розширює можливості хірурга під час проведення діагностичної лапароскопії за рахунок включення до аналізу бази знань і бази даних, які на основі порівняння дозволяють запропонувати (підтримати) найбільш імовірний із можливих діагнозів.

2. Застосування СППРХ дозволяє застосувати комп'ютерно асистовану лапароскопію в роботі хірурга, особливо хірургів-початківців та інтернів з метою корекції діагностичного процесу в режимі реального часу.

Ключові слова: медична інформаційна система, підтримка рішення хірурга, лапароскопічна хірургія.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизована комп'ютерна діагностика апендициту під час лапароскопічного втручання / Д. М. Баязітов та ін. *Клінічна хірургія.* 2017. № 8 (904). С. 21–23.

2. Герасимов Л. В. Роль современных информационных систем в повышении эффективности работы оперблока и ОРИТ. *Доктор.Ру. Анест. и реаниматол. Мед. реабил.* 2015. № 15/16 (116/117). С. 27–31.

3. Доан Д. Х., Крошилин А. В., Крошилина С. В. Обзор подходов к проблеме принятия решений в медицинских информационных системах в условиях неопределенности. *Фундаментальные исследования.* 2015. № 12. С. 26–30.

4. Кравченко В. В. Автоматизована інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при управлінні фізичним здоров'ям людини. *Інженерія програмного забезпечення.* 2015. № 2 (22). С. 29–39.

5. Литвин А. А., Литвин В. А. Системы поддержки принятия решений в хирургии. *Новости хирургии.* 2014. № 1. С. 96–100.

6. Мінцер О. П., Шевченко Я. О., Фещенко А. І., Ярошенко О. О. Прийняття рішень у мобільній медицині. *Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика.* Київ, 2017. С. 81–82.

7. A survey on deep learning in medical image analysis / G. Litjens et al. *Medical Images Analysis.* 2017. Vol. 42. P. 60–88.

8. Crebbin W., Beasley S. W., Watters D. A. Clinical decision making: how surgeons do it. *ANZ J Surg.* 2013. Vol. 83 (6). P. 422–428.

9. Krasnoproshin V., Obraztsov V., Vissia H. Decision-Making by Precedence: Modeling, Technology and Applications. *Proceedings of International Conference on Modeling and Simulation in Technical and Social Sciences (MS'2002).* Girona, Spain, 2002. P. 267–277.

10. Kumar S., Singhal P., Krovi V. N. Computer-Vision-Based Decision Support in Surgical Robotics. *IEEE Design & Test.* 2015. Vol. 32, № 5. P. 89–97.

11. On the automatic laparoscopic diagnostic of liver state with Haar's features based cascade and modified AdaBoost classifier / D. N. Bayazitov et al. *Патологія.* 2017. Т. 14, № 2 (40). С. 182–187.

12. Petscharnig S., Schoffmann K. Learning laparoscopic video shot classification for gynecological surgery. *Multimed Tools Appl.* 2018. Vol. 77. P. 8061–8079.

Надійшла до редакції 25.10.2018

Рецензент проф. В. П. Марценюк, дата рецензії 29.10.2018

УДК 519.71+004.652.4+004.827

А. Б. Бузиновський, Д. М. Баязітов, А. В. Ляшенко, Д. В. Новіков, Т. Л. Годлевська, К. А. Біднюк

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ХІРУРГА

У роботі наведено основні характеристики структурно-функціональної організації автоматизованої системи підтримки рішень хірурга, яка здійснює роботу за участі модуля автоматизованого аналізу відеолапароскопічних зображень з урахуванням виду прийняття відповідного рішення та ризиків щодо стану пацієнта на етапах надання хірургічної допомоги. Наведена структура системи прийняття рішень дозволяє здійснювати її інтеграцію з телемедичними системами консультування, а також задіяти додаткові засоби та інструменти аналізу отриманих результатів.

Ключові слова: медична інформаційна система, підтримка рішення хірурга, лапароскопічна хірургія.

UDC 519.71+004.652.4+004.827

A. B. Buzynovskyy, D. M. Bayazitov, A. V. Lyashenko, D. V. Novikov, T. L. Godlevska, K. A. Bidnyuk

FUNCTIONAL MODEL OF THE SYSTEM OF SUPPORT OF SURGEON'S DECISION MAKING

Basic descriptions of structural and functional organization of the automated system of support of surgeon's decision, which carries out work at participation of the module of the automated analysis of videolaparoscopic images taking into account the type of the proper decision making and risks in relation to the state of patient on the stages of grant of surgical help, are resulted in work. The structure of the system of decision making allows to carry out its integration with the telemedical systems of advising, and also involve additional facilities and instruments of analysis of the got results.

Key words: medical informative system, support of decision of surgeon, laparoscopic surgery.

УДК 616.853-053.2-085.213

М. П. Первак

ОСОБЛИВОСТІ КІНДЛІНГОВОЇ СУДОМНОЇ АКТИВНОСТІ ЗА УМОВ ТРАНСКРАНІАЛЬНОГО ПОДРАЗНЕННЯ ПОСТІЙНИМ СТРУМОМ МОЗОЧКА НА ТЛІ ЗАСТОСУВАННЯ КЕТАМІНУ

Одеський національний медичний університет

Вступ

Установлено, що транскраніальне подразнення постійним струмом (ТППС) структур мозочка, яке здійснювалося за допомогою катода, викликає пригнічення судомної активності у щурів із пентиленететразол (ПТЗ)-викликаним кіндлінгом [6]. Сьогодні відомо, що протисудомні впливи ТППС структур головного мозку можуть бути реалізовані як застосуванням катода, так і анода [4; 9].

Метою дослідження було вивчення особливостей розвитку кіндлінг-провокованої судомної активності за умов ТППС, спрямованого на структури мозочка, та його здійснення електродами різної полярності. Крім того, зважаючи на те, що ТППС кори мозочка супроводжується змінами імпульсної активності нейронів [5], окремим завданням дослідження було вивчення перебігу кіндлінгових судом на тлі впливу ТППС за умови застосування кетаміну, який викликає пригнічення нейрональної активності кори мозочка [8].

Матеріали та методи дослідження

Дослідження виконано за умов гострого та хронічного

© М. П. Первак, 2018