



І. А. Даниленко,  
В. М. Дейнека,  
М. Г. Кононенко,  
Л. Г. Кащенко,  
В. І. Бугайов

Сумський державний  
університет

© Колектив авторів

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ СКЛАДОВИХ КОЛЬОРУ У ВИЗНАЧЕННІ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ТОНКОЇ КИШКИ

**Резюме.** Запропоновано та розроблено спосіб визначення життєздатності кишки за показниками інтенсивності спектральних складових кольору на моделі інфаркту ділянки кишки у щурів. Проведено комп'ютерний аналіз показників інтенсивності складових кольору, запропоновано математичну формулу. Обнадійливі попередні результати високої чутливості та специфічності (96 %) дають можливість запропонувати спосіб при інфаркті кишки у людини.

**Ключові слова:** життєздатність кишки, показники інтенсивності спектральних складових кольору.

### Вступ

Одним із проблемних запитань, що повсякчас супроводжує ургентного хірурга, є коректне визначення життєздатності органів травлення. Відомо безліч інформативних методів визначення межі життєздатності кишки [1, 2, 7]. Проте їх проведення потребує додаткового високоспеціалізованого обладнання, що значно стримує впровадження до хірургічного загалу. Часто використання конкретного методу обмежено клінікою, де він був запропонований. Оцінюючи колір, перистальтику, пульсацію судин, хірург свідомо надлишково резектує кишку й отримує гарантований безпосередній результат – спроможність анастомозу, – і це його влаштовує [1]. Важливо залишити якомога більшу площу функціонуючої слизової оболонки тонкої кишки з метою зменшення проявів післярезекційної ентеральної недостатності (синдром короткої кишки) [3].

Аналіз літератури дає підстави вважати недостатньо вивченими показники інтенсивності спектральних складових кольору кишки в якості критерію визначення межі її життєздатності кишки. Запропонований Бойко В. В., Грома В. Г. та ін «Спосіб контролю відновлення життєздатності кишки» [4] об'єктивно контролює відновлення прохідності живильних судин: «Оцінку кольору проводять датчиком кольору, який устанавлюють зовні досліджуваної частини кишки, а при виявленні зміщення кольоровості кишки в бік червоної частини спектра констатують відновлення прохідності судин». Авторами запропоновано лише модель дослідження без конкретної методики: «...Оцінку спектрального складу кольору можна вести будь-яким відомим способом». Плануючи подальше експериментальне дослідження, ми виходили з можливості обрання спектральних характеристик кольору кишки та їх змін в якості критерію життєздатності кишкової стінки.

При розробці способу поставлені наступні вимоги:

- 1) методика має бути безконтактною;
- 2) методика виконується без високоспеціалізованого додаткового устаткування;
- 3) простота та швидкість виконання, висока чутливість методики.

### Мета досліджень

Розробити спосіб визначення межі життєздатності кишки та оцінити його інформативність.

### Матеріали та методи досліджень

Дослідження проведено в 2 етапи.

1 етап – на підставі аналізу експериментальних даних сформульовано гіпотезу – спосіб визначення життєздатності кишки за показниками інтенсивності спектральних складових кольору. Використано фотографії змодельованого інфаркту кишки у 30 щурів та результати морфологічного дослідження. Проведено комп'ютерний аналіз показників інтенсивності складових кольору, винайдено математичну формулу, розраховано інформативність оцінки життєздатності кишки за цією формулою.

Цей етап дослідження проведено на 30 (по 6 в 5 групах) лабораторних білих статевозрілих (7-8 місячних) щурах-самках вагою 200-230 г. Інфаркт ділянки кишки моделювали за методикою О. Malafaia [5] під ефірно-кетаміновим наркозом.

Експозиції для отримання інфаркту кишки в дослідних групах складали відповідно 2, 3, 4, 5 та 6 годин. Після повторного введення в наркоз проводили релaparотомію. Обирали 4 точки для подальшого дослідження: перша – проксимальніше обраного сегмента на 1-1,5 см, інші – в межах цього сегмента в напрямку збільшення візуальних ішемічних змін. В обраних точках візуально (суб'єктивно) оцінювали життєздатність кишки за стандартними критеріями (колір стінки, пульсація судин, перистальтика, блиск очеревини). Надалі фотографували дослідний сегмент фотокамерою

Fuji Finerix F30 в режимі макрозйомки з відключенням спалахом, чутливістю 400 оптичних одиниць та розподільною здатністю 3000x2000 пікселів. Перед кожним знімком визначали баланс білого за білим папером.

Аналіз гістограми отриманих зображень проводили комп'ютерною програмою ACDSee Pro 3 за моделлю RGB, яка призначала кожному елементу зображення значення інтенсивності. Діапазон цих значень може змінюватись від 0 (чорний) до 255 (білий) для кожного з компонентів світла.

2 етап – перевірка інформативності гіпотези. У 6 шурів змодельювали інфаркт кишки, визначили межі життєздатності кишки з використанням запропонованої гіпотези, коректність визначення перевірили морфологічно.

В якості фотографічного сенсора в 2 етапі роботи вирішено обрати фотокамеру смартфонів на базі операційної системи «Android». За даними мобільних операторів зв'язку, в Україні на середину 2015 року переважали смартфони саме на цій операційній системі [6] – їх понад 5,3 млн, що повністю вирішило проблему нестачі високоспеціалізованого додаткового устаткування.

Використовували фотокамеру смартфонів HTC One X з програми «Color picker (real time)». Програму розміщено у вільному доступі в інтернет-магазині Play Market Google. Перевага саме цій програмі з багатьох подібних, випробуваних нами, надано з наступних міркувань: безкоштовність завантаження, робота в режимі реального часу, інформативність інтерфейсу програми, невибагливість до технічних характеристик смартфона.

Чутливість та специфічність визначали загальноприйнятим методом.

### Результат досліджень та їх обговорення

Для розрахунку чутливості та специфічності визначення життєздатної ділянки з 4 точок обирали розташовані поряд дві, в одній з котрих кишка за даними морфологічного дослідження визнана життєздатною (істинний результат), в іншій – сумнівно життєздатною або нежиттєздатною (хибний результат). Таких пар виявилось 28 (виключено двох шурів). У подальшому порівнювали висновки морфологічного дослідження в цих двох точках за результатами інших методів (суб'єктивна оцінка, обчислення інтенсивності складових кольору кишки запропонованою формулою) в цих самих точках: за позитивний результат обрано підтвердження повної життєздатності цими методами, за негативний – виявлення сумнівної життєздатності або нежиттєздатності.

При визначенні життєздатності кишки суб'єктивним методом зроблено 2 похибки I ро-

ду та 8 похибок II роду. В усіх термінах ішемії переважала візуальна гіподіагностика достовірної життєздатності кишки, тобто візуально у 8 (28 %) із 28 шурів спростували життєздатність там, де вона насправді була. Чутливість суб'єктивного визначення життєздатності кишки склала 72 %. Однак наведені дані свідчили про достатню специфічність (92 %) суб'єктивного методу у визначенні межі життєздатної кишки.

Ми зіставили показники інтенсивності складових кольору кишки за моделлю RGB. Виявлено наступні закономірності:

1. Інтенсивність червоного кольору залежить від наповнення артеріальною кров'ю судин стінки кишки. Тому максимальна інтенсивність червоного кольору ( $R_{\max}$ ) стінки кишки – величина індивідуальна, яка істотно змінювалась у кожній з піддослідних тварин протягом спостереження.

2. Стан кишки залежить від інтенсивності синьої та зеленої складових кольору. Встановлено, що при зростанні величини відношення  $R/(B+G)$  збільшується тенденція до застою крові в венах.

Емпірично нами запропоновано гіпотезу – математичну формулу, за допомогою якої з високим ступенем інформативності ретроспективно прораховувати (описувати) стан життєздатності кишки за наявними показниками інтенсивності складових кольору її стінки (1)

$$\frac{R}{R_{\max} - \frac{R^2}{2(B+G)}} = V, \quad (1)$$

в якій  $R_{\max}$  – максимальна інтенсивність червоного кольору стінки кишки,  $R$  – інтенсивність червоного кольору ділянки з'ясування життєздатності,  $B$  – інтенсивність синього кольору цієї ділянки,  $G$  – інтенсивність зеленого кольору цієї ділянки,  $V$  (viability) – значення життєздатності.

Кишка була життєздатною при  $V \geq 1$ , сумнівно життєздатною чи нежиттєздатною при  $0 \leq V \leq 1$ .

При визначенні життєздатності кишки обчисленням інтенсивності складових її кольору запропонованою формулою зроблено 1 похибку I роду та 1 похибку II роду. Тобто, у 1 із 28 шурів спростували життєздатність там, де вона насправді була, у іншого – визнали повністю життєздатною ділянку, що насправді була сумнівної життєздатності. Чутливість та специфічність визначення життєздатності кишки обчисленням інтенсивності складових кольору кишки запропонованою формулою склали 96 %. Таким чином, за допомогою запропонованої нами формули з високою інформативністю



змодельовано в наведеній дослідній групі відповідності стану життєздатності щодо інтенсивності складових кольору кишки.

Другий етап експерименту мав на меті перевірку інформативності запропонованої формули – на моделі інфаркту кишки (три- та чотиригодинна ішемія) у кожного з 6 шурів обирали на кишці 6 точок згідно результатів розрахунку в режимі реального часу інтенсивності складових кольору кишки за ф. 1: в точці 1 інтенсивність червоного кольору максимальна, в точці 2 –  $V \geq 2$ , в точці 3 –  $1 \leq V \leq 2$ , в точці 4 –  $0,9 \leq V \leq 0,6$ , в точці 5 та 6 –  $V < 0,6$ .

Тобто, базуючись на результатах дослідження складових кольору, вважали життєздатність наявною в точках 1–3, а в точках 4–6 – сумнівною чи відсутньою. Морфологічне дослідження кишки в обраних точках проводили з метою контролю отриманого за формулою висновку. На визначення життєздатності кожної ділянки кишки методом обчислення інтенсивності складових кольору (математичні розрахунки) витрачали не більше 30 секунд.

Отримано відповідність оцінки життєздатності, отриманих морфологічним дослідженням та обчисленням інтенсивності складових кольору кишки.

## Висновки

1. Запропоновано доступний об'єктивний критерій життєздатності кишки – показник інтенсивності всіх складових кольору стінки кишки.

2. Розраховано та експериментально підтверджено залежність життєздатності кишки від інтенсивності складових кольору згідно

формули: 
$$V = \frac{R}{R_{\max} - \frac{R^2}{2(B+G)}}$$
, де  $R_{\max}$  – мак-

симальна інтенсивність червоного кольору стінки кишки,  $R$  – інтенсивність червоного кольору ділянки з'ясування життєздатності,  $B$  – інтенсивність синього кольору цієї ділянки,  $G$  – інтенсивність зеленого кольору цієї ділянки,  $V$  (viability) – значення життєздатності. За  $V \geq 1$  кишка життєздатна, за  $0 \leq V \leq 1$  – сумнівно життєздатна чи нежиттєздатна.

3. Отримані попередні результати використання аналізу складових кольору в якості методу визначення життєздатності кишки на моделі кишкової стінки щура свідчать про високу чутливість (96 %) та специфічність (96 %) способу, що може бути запропоновано для подібного експерименту при інфаркті кишки у людини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев О. В. Оцінка життєздатності кишечника при гострій кишковій непрохідності, защемленій грижі, травмі живота, мезентеріальному тромбозі та емболії / О. В. Алексеев // Шпитальна хірургія. – 1999. – № 1. – С. 127–130.
2. Кланца А. І. Оптимізація лікування гострої мезентеріальної ішемії, ускладненої інфарктом кишки (клініко-експериментальне дослідження): автореф. дис. ... канд. мед. наук / А. І. Кланца. – Вінниця, 2007. – 24 с.
3. Лечение больных с острыми нарушениями мезентеріального кровообращения / Н. Г. Кононенко, П. А. Павлюк, А. М. Степанченко [и др.] // Харківська хірургічна школа. – 2004. – № 3. – С. 51–56.
4. Пат. 67422 У Україна, МПК G01N 33/483(2006.1). Спосіб контролю відновлення життєздатності кишки / В. В. Бойко, В. Г. Грома, В. А. Скрипко, Л. А. Бойко, В. П. Далавурак; заявник та власник патенту Інститут загальної і невідкладної хірургії АМН України. – № 201107133; заявл. 06.06.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 4.
5. Contribuição da imagem infravermelha para detecção da isquemia intestinal na cicatrização das feridas / O. Malafaia, M. L. Brioschi, S. M. S. Aoki [et al.] // Acta Cir Bras. – 2008. – Vol. 23, N 6. – P. 511–519.
6. Urbanavičius L. How to assess intestinal viability during surgery: a review of techniques / L. Urbanavičius, P. Pattyn, D. Van de Putte, D. Venskutonis // World J. Gastrointest. Surg. – 2011. – Vol. 3, Iss. 5. – P.59–69.



ОБОСНОВАНИЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ИНТЕНСИВНОСТИ  
ЦВЕТОВЫХ  
СОСТАВЛЯЮЩИХ  
В ОПРЕДЕЛЕНИИ  
ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ  
ТОНКОЙ КИШКИ

*И. А. Даниленко,  
В. Н. Дейнека,  
Н. Г. Кононенко,  
Л. Г. Кащенко, В. И. Бугаев*

**Резюме.** Предложен и разработан способ определения жизнеспособности кишки по показателям интенсивности спектральных цветовых составляющих на модели инфаркта участка кишки у крыс. Проведен компьютерный анализ показателей интенсивности составляющих цвета, предложена математическая формула. Обнадеживающие предварительные результаты высокой чувствительности и специфичности (96 %) дают возможность предложить способ при инфаркте кишки у человека.

**Ключевые слова:** *жизнеспособность кишки, показатели интенсивности спектральных цветовых составляющих.*

RATIONALE USING  
INTENSITY OF THE COLOR  
SPECTRAL COMPONENT IN  
THE DETERMINATION OF  
INTESTINAL VIABILITY

*I. A. Danylenko, V. M. Dejneka,  
M. G. Kononenko,  
L. G. Kashchenko, V. I. Bugajov*

**Summary.** A method of determining the viability of intestine in terms of the intensity of the color spectral components in models of intestinal infarct in rats is proposed and developed. A computer analysis of the intensity of the color components is made, a mathematical formula is invented. Promising preliminary results of high sensitivity and specificity (96%) enable to use this method in intestinal infarction in humans.

**Key words:** *intestinal viability, performance intensity spectral components of color.*