

УДК 617.55-072.1+615.471.03:616.072.1

Н. Р. Баязитов, *д-р мед. наук, проф.*,
А. В. Ляшенко,
Е. А. Биднюк,
Л. С. Годлевский, *д-р мед. наук, проф.*,
Е. В. Коболев

ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЛАПАРОСКОПОВ РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА, В КОРРЕКТНОЙ МИНИИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Одесский национальный медицинский университет

Введение

Анализ лапароскопических изображений с учетом цветности рассматриваемых внутренних органов и тканей представляет собой важную научно-практическую задачу [1; 5; 9].

В последнее время в хирургическую практику внедрены технологии выполнения миниинвазивных вмешательств, отличающихся применением миниатюрных лапароскопов (диаметр 1,5–2,5 мм) и соответствующих оптических систем. Подобные технологии представляют собой важный шаг в направлении снижения травматичности хирургического вмешательства, улучшения косметических эффектов. Однако очень важным является проведение систематических исследований характеристик получаемых лапароскопических изображений. Причем, существенно важно сохранение корректной передачи цвета соответствующих тканей, поскольку на основании цветовых характеристик осуществляется диагностическая процеду-

ра [4]. Кроме того, корректность цветопередачи имеет существенное значение для эргономики лапароскопического хирурга, когда мониторы в операционной обеспечивают сопоставимые (одинаковые) уровни цветопередачи [8].

Поэтому целью настоящего исследования было проведение сравнительной оценки цветопередачи лапароскопических изображений, получаемых с помощью традиционных лапароскопов, имеющих диаметр 10,0 мм, и минилапароскопа диаметром 2,5 мм. Дополнительной задачей было проведение экспертной оценки информационных цветовых характеристик изображений, полученных при применении мини- и традиционных лапароскопических систем в соответствующих случаях ложноположительных и ложноотрицательных диагнозов заболеваний органов брюшной полости.

Материалы и методы исследования

Оценка цветопередачи. Проводилась по методу GretagMac-

beth ColorChecker Chart [1–3]. Эталонная таблица цветов включала 18 квадратов (полей) разного цвета, причем использовали цвета, которые наиболее часто встречаются в условиях выполнения лапароскопических вмешательств — изображения стенки кишечника, тканей треугольника Кало, диафрагмы, а также сальника. Кроме того, в таблице присутствовали 6 нейтральных полей разной интенсивности — всего 24 поля.

В условиях освещенности 3000 Лк с помощью лапароскопов проводили съемку таблицы, баланс белого выставляли вручную — нижний ряд таблицы (6 нейтральных полей) оставался нейтральным. Установку баланса белого проводили с использованием GretagMacbeth WhiteBalance Card — она имела прецизионно тот же цвет, что и поле № 19 цветовой таблицы (первое поле нижнего, нейтрального, ряда). Из полученного видеоряда с помощью программы AVS video извлекали один кадр таблицы в формате

ВМР и подавали в модуль **Color-check** программы **Imatest**.

Количественные параметры соответствия передаваемых цветов рассчитывали по данным диаграммы, принципиальный вид которой представлен на рис. 1.

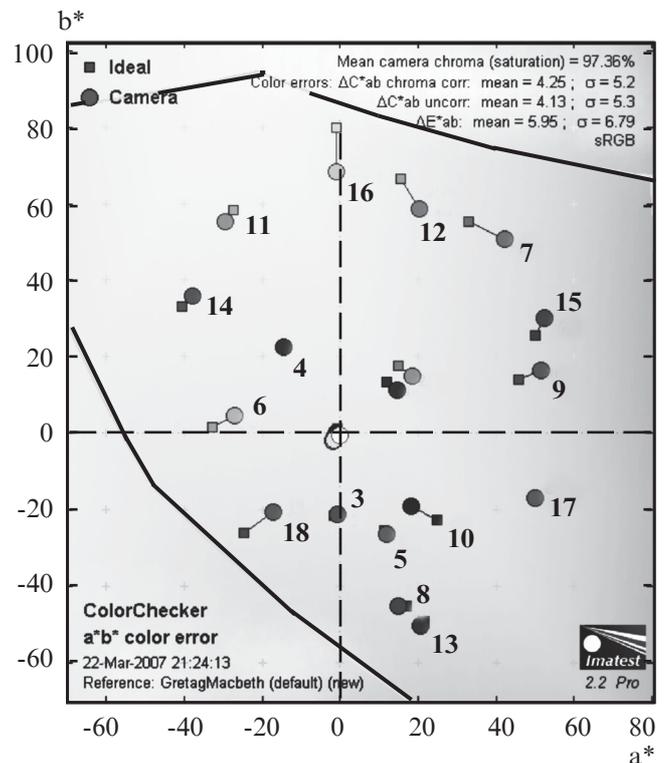
На этой диаграмме в графической форме представлены отклонения зарегистрированных камерой цветов от идеала в цветовом пространстве CIE LAB. В этом пространстве цвет представляется тремя координатами — L, a, b. При этом координата L характеризует яркостную составляющую (L=0 — черный, а L=100 — белый цвета), в то время как собственно цвет характеризуется двумя координатами — a (изменяется от зеленого до пурпурного) и b (изменяется от синего до желтого).

Преимуществом цветового пространства CIE LAB является то, что расстояние между двумя точками в этом пространстве прямо пропорционально разнице в цвете между этими точками.

На рис. 1 цифры соответствуют номерам полей, квадратики соответствуют эталонным, а кружки — измеренным камерой a^* , b^* координатам.

Для анализа лапароскопических изображений особенно важна первая строчка (общая цветовая насыщенность, чем она ближе к 100 % — тем лучше); вторая строчка — средние (и среднеквадратичные) ошибки в оттенках цвета, приведенных к эталонной насыщенности (в этом случае мы видим ошибки именно в оттенках цвета, характеризуемых координатами a и b); и последняя, четвертая, строчка, в которой мы находим средние ошибки с учетом всех трех координат (L, a, b). Чем меньше эти ошибки, тем ближе к эталонным цвета на картинке с нашей камеры, то есть тем лучше цветопередача. Две серые линии, имеющиеся в верхней и нижней частях диаграммы, представляют границы цветового пространства sRGB.

Рис. 1. Изображение, полученное с помощью 10 мм лапароскопа при естественном освещении поверхности кожи (расстояние 10,0 см)



Оценка результатов лапароскопической диагностики. Диагностическую лапароскопию проводили с применением традиционных лапароскопов (10,0 и 5,0 мм), а также минилапароскопа (2,0 мм) по urgentным показаниям соответственно у 76 и 49 пациентов.

Результативность минилапароскопической диагностики оценивали в соответствии с ранее описанными критериями ложноположительных, ложноотрицательных, а также истинно положительных и истинно отрицательных диагнозов [1]. Также определяли с помощью экспертной оценки значение коррекции цветности для ложноположительных и ложноотрицательных диагнозов [1].

Статистическая обработка полученных результатов проводилась применением критериев сравнения двух пропорций, а также ANOVA Newman — Keuls теста.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Оценка цветопередачи. Пример расчетов параметров цветопередачи по результатам измерений представлен на рис. 2.

На этой диаграмме представлены отклонения зарегистрированных камерой цветов от идеала в цветовом пространстве CIE LAB. В этом пространстве цвет представляется тремя координатами — L, a, b. При этом координата L характеризует яркостную составляющую, в то время как собственно цвет характеризуется двумя координатами — a, b.

Из расчетов было определено, что цветопередача 10 мм лапароскопа на расстоянии 9,5–16 см соответствовала критериям качества цветопередачи в сравнении с эталонной цветной таблицей GretagMacbeth ColorChecker Chart.

Параметры расчетов соответствующих диаграмм представлены в табл. 1. Качественная оценка передаваемых цветов позволяет заметить наличие сравнительно большой ошибки цветопередачи при получении изображения с помощью лапароскопа диаметром 5,0 мм, применяемого на расстоянии 9,5–16 см от исследуемой поверхности (см. табл. 1). Сокращение расстояния к исследуемой поверхности до 1,5–6,5 см сопровождалось существенным улуч-

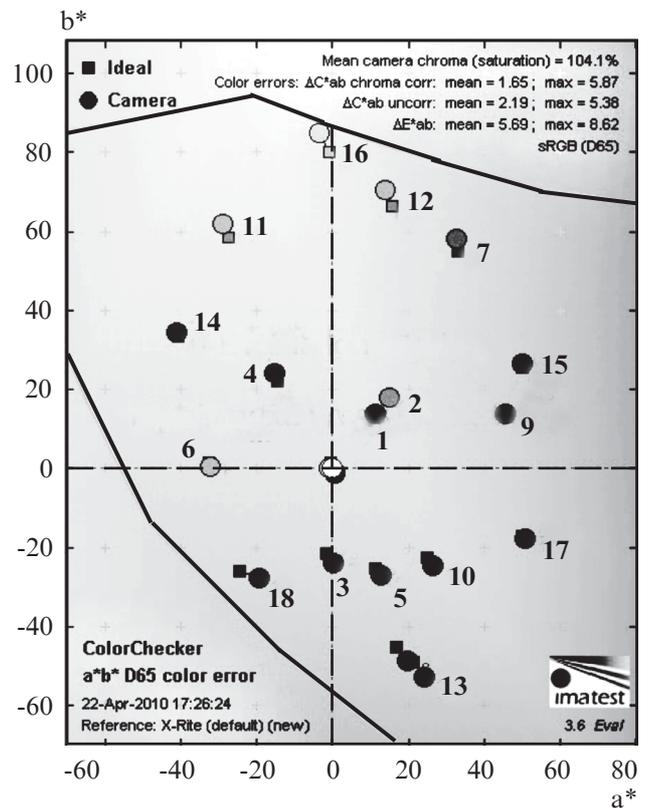
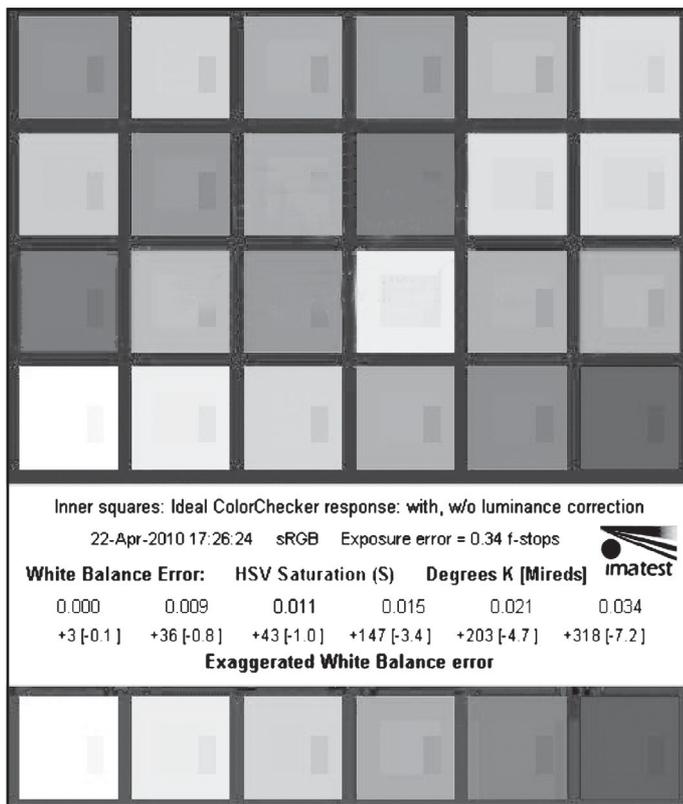


Рис. 2. Цветовая схема и диаграмма цветопередачи 10 мм лапароскопа на расстоянии 9,5–16,0 см

Средние ошибки цветопередачи при использовании различных лапароскопов с учетом всех координат (L, a, b) передачи цветов в Imatest

Показатель	Диаметр лапароскопа, мм					
	10,0		5,0		2,0	
Расстояние, см	1,5–6,5	9,5–16,0	1,5–6,5	9,5–16,0	1,5–6,5	9,5–16,0
Средняя величина	1,65	1,59	0,21	1,62	12,1	12,1
σ	5,87	5,57	1,80	5,62	34,4	34,4
S, %	104,10	87,76	95,37	72,21	59,54	59,54

шением качества цветопередачи. В этом случае цветопередача соответствовала критериям качества цветопередачи в сравнении с эталонной цветной таблицей GretagMacbeth ColorChecker Chart. В то же время цветопередача при использовании лапароскопа диаметром 2,0 мм при расстоянии до исследуемой поверхности 1,5–6,5 см отличается наличием выраженной ошибки цветопередачи.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что интегральный показатель цветопередачи S был оптимальным в слу-

чае применения лапароскопов диаметром как 10,0 мм, так и 5,0 мм при расстоянии к поверхности тканей 1,5–6,5 см (см. табл. 1). Увеличение расстояния до 9,5–16,0 см сопровождалось снижением данного показателя, который в случае применения лапароскопа диаметром 10,0 мм уменьшался на 16,34 %, в то время как в случае применения лапароскопа диаметром 5,0 мм снижение составляло 23,16 % (см. табл. 1). В то же время для минилапароскопа (диаметр 2,0 мм) удовлетворительная цветопередача

Таблица 1

регистрировалась только на удалении 1,5–6,5 см от исследуемой поверхности, а увеличенные расстояния до 9,5–16,0 см сопровождалось выраженным ухудшением получаемого изображения, применение которого для целей лапароскопической хирургии не было возможным. В то же время интегральный показатель S для 2,0 мм лапароскопа был соответственно в 1,75 и 1,47 раза меньшим, чем при применении лапароскопов диаметром 10,0 и 5,0 мм.

II. Результаты клинических исследований. Проведенный анализ результатов диагностической лапароскопии показал, что в условиях применения минилапароскопического оборудования ложноположительными были 6,6 % результатов исследования, тогда как применение традиционной лапароскопии сопровождалось ложноположительными результатами в 10,2 % случаев ($P > 0,05$) (табл. 2).

III. Экспертная оценка информативности лапароскопии

Результаты лапароскопической
и минилапароскопической диагностики, абс. (%)

Результат исследования	Диагностика	
	Лапароскопическая	Минилапароскопическая
Истинно положительный	39 (79,6)	64 (84,2)
Ложноположительный	5 (10,2)	5 (6,6)
Истинно отрицательный	4 (8,2)	4 (5,3)
Ложноотрицательный	1 (2,0)	3 (3,9)
Всего	49 (100,0)	76 (100,0)

ческих изображений. Экспертная оценка цветопередачи как фактора, обуславливающего некорректную диагностику, показала, что данный фактор при постановке ложноположительных диагнозов холецистита и аднексита с помощью минилапароскопии брюшной полости имел значение в 33,3 % случаев, что было относительно больше, чем в аналогичных случаях традиционной лапароскопической ложноположительной диагностики (соответственно 0 и 16,7 %) (рис. 3). В то же время при ложноположительных диагнозах острого аппендицита и отсутствия патологии при минилапароскопии фактор нарушения цветопередачи имел значение соответственно в 16,7 и 41,7 % случаев, тогда как в группе с традиционной лапароскопической ложноположительной диагностикой эти показатели составили 16,7 и 25,0 % (см. рис. 3). Ложноотрицательные диагнозы при минилапароскопии, поставленные в отношении острого аднексита и аппендицита, согласно мнению экспертов, в 100,0 и 75,0 % были обусловлены в том числе нарушением цветопередачи изображения (рис. 3). При этом сравнение с соответствующими ложноположительными показателями не выявило достоверных различий между группами при $P=0,066$ и $P=0,065$. Традиционная лапароскопическая ложноотрицательная диагностика острого аднексита в 83,3 % случаев была обусловлена нарушением цветопередачи, что было достоверно больше в сравнении с соответствующим ложноположительным диагнозом ($P=0,019$) (см. рис. 3).

В целом ложноположительные диагнозы при минилапароскопической диагностике в 33,3 % были обусловлены нарушениями цветопередачи изображения, тогда как в случае традиционной лапароскопической диагностики — в 16,7 % всех диагнозов ($P>0,05$) (рис. 4). Ложноотрицательные диагно-

зы при обоих видах диагностики в 83,3 % имели одной из причин нарушения цветопередачи (см. рис. 4). При этом обусловленность нарушениями цветопередачи в группах с ложноотрицательными диагнозами была достоверно более высокой в сравнении с таковой в группах с ложноположительными диагнозами ($P<0,05$) (см. рис. 4).

Таким образом, полученные результаты позволяют провести сравнительную оценку эффективности цветопередачи при применении различных типов лапароскопических оптических

систем, которая показывает важную роль данного информативного компонента в корректной лапароскопической диагностике заболеваний органов брюшной полости.

С учетом полученных в настоящем исследовании данных следует подчеркнуть, что в большинстве случаев рабочим расстоянием в лапароскопической хирургии можно считать расстояние в 1,5–6,5 см, за исключением некоторых случаев лапароскопической диагностики, когда больший угол рассматривания объемных изменений является наиболее инфор-

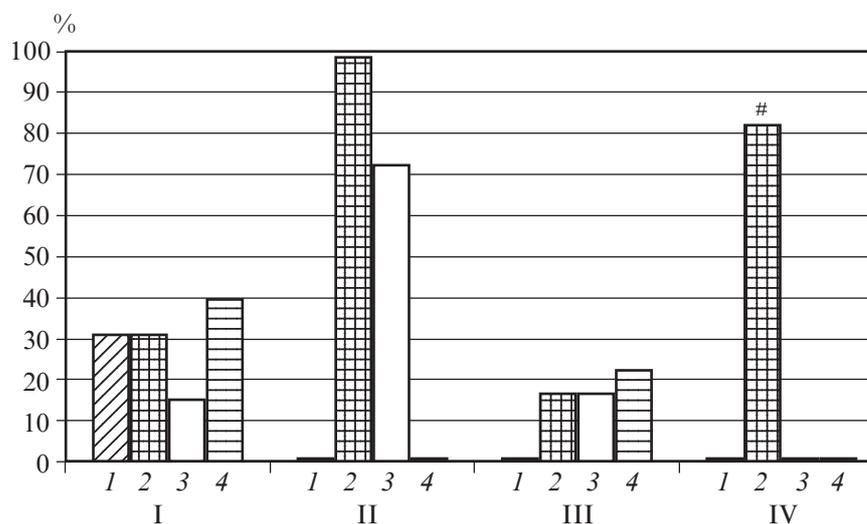


Рис. 3. Значение характеристики цветности лапароскопического изображения при диагностике отдельных заболеваний. По оси абсцисс: I — ложноположительные и II — ложноотрицательные диагнозы при минилапароскопической диагностике; III — ложноположительные и IV — ложноотрицательные диагнозы при лапароскопической традиционной диагностике; 1 — холецистит; 2 — аднексит; 3 — аппендицит; 4 — «нет патологии». По оси ординат: относительное число соответствующих диагнозов в группе, в которой общее число наблюдений принято за 100 %; # — $P<0,05$ в сравнении с показателем в группе пациентов с соответствующим ложноотрицательным диагнозом (критерий сравнения двух пропорций)

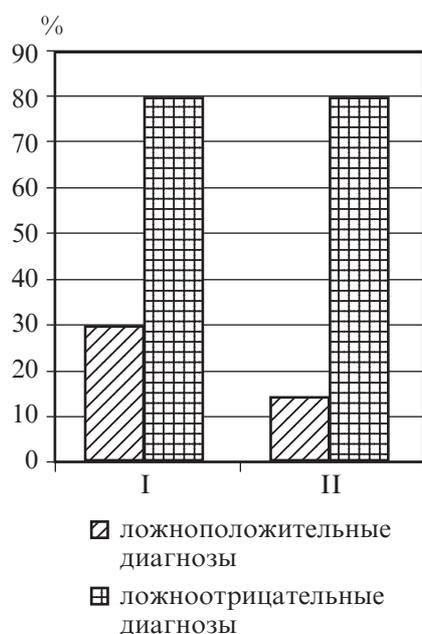


Рис. 4. Цветопередача лапароскопического изображения при некорректной диагностике: I — контраст при минилапароскопической и II — при традиционной лапароскопической диагностике; # — $P < 0,05$ в сравнении с показателем в этой же группе пациентов с соответствующим ложноположительным диагнозом (критерий сравнения двух пропорций)

мативным. Данное расстояние позволяет получить практически одинаковый характер цветопередачи при использовании традиционных лапароскопических оптических систем диаметром 10,0 и 5,0 мм. В то же время применение лапароскопа меньшего диаметра (2,0 мм) сопровождается существенным снижением эффективности цветопередачи рассматриваемых тканей, что делает необходимым учет возможного риска диагностической ошибки. По-видимому, при работе с минилапароскопом весьма важным является обеспечение минимально возможного расстояния для создания операционного лапароскопического поля (ближе к 1,5 см) при его максимально возможной освещенности. Также актуальны оценка цветопередачи по количеству возможных оттенков различных цветов и определение цветности наихудшей цветопередачи [7].

В этом отношении следует подчеркнуть ошибочность мнения [6] о том, что цветопередача и соответствующие искажения не связаны с диаметром апертуры оптической системы лапароскопа.

Полученные в настоящем исследовании результаты также позволяют сделать выводы в отношении возможной роли нарушений цветопередачи во время диагностического лапароскопического исследования пациентов для установления ложноположительных и ложноотрицательных диагнозов.

Представленные результаты показали, что нарушение цветопередачи лапароскопического изображения обуславливает в 33,3 % ложноположительную диагностику при минилапароскопии и в 16,7 % при традиционной лапароскопии. Причем, ложноположительные диагнозы в равной мере отмечались при минилапароскопической диагностике холецистита, аднексита, аппендицита и отсутствия патологии, тогда как при традиционной лапароскопической диагностике при холецистите ложноположительные диагнозы не были установлены. Ложноотрицательные диагнозы в 83,3 % всех случаев были обусловлены нарушениями цветопередачи как мини-, так и традиционных лапароскопических изображений.

Поэтому следует считать необходимым учет изменений характеристик цветопередачи при проведении диагностических процедур с минимально возможным расстоянием на рассматриваемой поверхности.

Выводы

1. Цветопередача изображений, получаемых с расстояния 1,5–6,5 см при применении лапароскопов диаметром 10,0 и 5,0 мм, является практически одинаковой, что определяет преимущество использования лапароскопов диаметром 5,0 мм в соответствующих случаях. Увеличение расстояния до 9,5–

16,0 см сопровождается снижением эффективности цветопередачи, более выраженным в случае применения лапароскопов диаметром 5,0 мм (соответственно на 16,34 и 23,16 %).

2. Цветопередача с расстояния к рассматриваемой поверхности в 1,5–6,5 см при применении лапароскопа минимального диаметра (2,0 мм) в 1,75 и в 1,47 раза менее эффективна, чем при применении лапароскопов диаметром 10,0 и 5,0 мм.

3. Нарушение информационных характеристик лапароскопических изображений, связанных с передачей цвета, в 83,3 % оценены как имеющие значение для ложноотрицательной диагностики как при минилапароскопическом, так и при традиционном лапароскопическом исследовании брюшной полости. В то же время ложноположительные диагнозы при минилапароскопической диагностике вдвое чаще (33,3 %) имели связь с некорректной цветопередачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баязитов Н. Р. Информативность лапароскопических изображений при диагностической минилапароскопии / Н. Р. Баязитов, Л. С. Годлевский // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – Т. 6, вып. 7. – С. 50–56.
2. Кирилловский В. К. Оптические измерения. Часть 4. Оценка качества оптического изображения и измерение его характеристик / В. К. Кирилловский. – СПб.: ГУ ИТМО, 2005. – 67 с.
3. Мониц Ю. И. Оценки качества для анализа цифровых изображений / Ю. И. Мониц, В. В. Старовойтов // Искусственный интеллект. – 2008. – № 4. – С. 376–386.
4. Avcibas I. Statistical evaluating of image quality measures / I. Avcibas, B. Sankur, K. Sayood // Journal of Electronic Imaging. – 2002, April. – Vol. 11, N 2. – P. 206–223.
5. Blind image quality assessment for measuring image blur / X. Wang, B. Tian, C. Liang, D. Shi // Congress on Image and Signal Processing, 2008. (CISP, 2008), Sanya, China. – 2008 (27–30 May). – P. 127.
6. Impact of varying transmission bandwidth on image quality / T. J. Broderick, B. M. Harnett, N. R. Merriam [et al.] // Telemed. J. E. Health. – 2001. – Vol. 7, N 1. – P. 47–53.

7. Snyder H. L. Image quality: Measures and visual performance / H. L. Snyder // Flat-Panel Displays and CRTs. – Tannas L. E., Jr. Ed. – N. Y. : Van Nostrand Reinhold, 1985. – P. 70–90.

8. Shnayderman A. An SVD-based gray-scale image quality measure for local and global assessment / A. Shnayderman, A. Gusev, A. M. Eskicioglu // IEEE Transaction on image processing. – 2006. – Vol. 15, N 2. – P. 131–133.

9. Wang Z. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity / Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh // IEEE transaction on Image Processing. – 2004. – Vol. 13, N 4. – P. 309–312.

УДК 617.55-072.1+615.471.03:616.072.1

Н. Р. Баязитов, А. В. Ляшенко, Е. А. Биднюк, Л. С. Годлевский, Е. В. Коболев

ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЛАПАРОСКОПОВ РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА, В КОРРЕКТНОЙ МИНИИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

В исследовании проведен анализ цвета лапароскопических и минилапароскопических изображений с применением теста GretagMacbeth ColorChecker Chart. Установлено, что цветопередача с расстояния к рассматриваемой поверхности в 1,5–6,5 см при применении лапароскопа минимального диаметра (2,0 мм) в 1,75 и 1,47 раза менее эффективна, чем при применении лапароскопов диаметром 10,0 и 5,0 мм. Нарушение информационных характеристик лапароскопических изображений, связанных с передачей цвета, в 83,3 % оценены как имеющие значение для ложноотрицательной диагностики как при минилапароскопическом, так и при традиционном лапароскопическом исследовании брюшной полости. В то же время ложноположительные диагнозы при минилапароскопической диагностике вдвое чаще (33,3 %) имели связь с некорректной цветопередачей.

Ключевые слова: информативность медицинского изображения, лапароскопическое изображение, минилапароскопическое изображение, цвет изображения, ложноположительный и ложноотрицательный диагноз.

UDC 617.55-072.1+615.471.03:616.072.1

N. R. Bayazitov, A. V. Lyashenko, E. A. Bidnyuk, L. S. Godlevsky, E. V. Kobolev

COLOR CHARACTERISTICS OF IMAGES, WHICH ARE GAINED WITH LAPAROSCOPES WITH DIFFERENT DIAMETERS, FOR CORRECT MINIINVASIVE DIAGNOSIS

The analysis of the color of laparoscopic and minilaparoscopic images was made using “GretagMacbeth ColorChecker Chart” test. It was established that effectiveness of color reproduction via optic system of laparoscope with minimal diameter (2.0 mm) is 1.75 and 1.47 times less when compared with similar characteristics of optical systems of laparoscopes with greater diameter (10.0 mm and 5.0 mm correspondently). In 83.3 % cases of both laparoscopic and minilaparoscopic false positive diagnoses color-deteriorated worsening of informativity of laparoscopic images have been recognized as responsible for the generation of not-corrected diagnostics of abdominal pathology. False-positive minilaparoscopic diagnoses have linked with deteriorated color reproduction two times more frequently when compared with laparoscopic false-positive diagnoses.

Key words: informativity of medical image, laparoscopic image, minilaparoscopic image, color characteristics of images, false-positive and false-negative diagnoses.