

УДК 616.31:614.2-053.

МЕТОД ОЦЕНКИ ЦВЕТНОСТИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭМАЛИ ЗУБА

**Биднюк К.А., Ляшенко А.В., Баязитов Д.Н., Бузиновский А.Б.,
Ненова О.Н.**

*Одесский национальный медицинский университет
e-mail: godlevsky@odmu.edu.ua*

Целью работы было ранней диагностики меловых пятен (раннего кариеса) по цифровым фотографиям, снятым с помощью смартфона Sony Xperia S у детей, которым осуществляли с помощью брекет-систем ортодонтическую коррекцию зубных рядов. Измерение цвета проводилось с учетом поправки цветовой характеристики стандартной керамической поверхности, подобранной в период установки брекет-систем, снимок которой проводили одновременно в период проведения динамического наблюдения. Цветовые характеристики RGB переводили в CIE L*a*b* шкалу измерения цвета с учетом коррекции RGB компонентов калибровочной керамической поверхности, после чего рассчитывали различия показателя светлости в зоне измерения. Экспертная оценка показала, что чувствительность диагностики раннего кариеса составила от 88,7 % до 96,2 % (в среднем – 93,1 %) а специфичность находилась в пределах от 68,4 % до 84,2 % (в среднем 75,4 %). Положительный прогностический показатель составлял от 89,5 % до 94,0 % (в среднем 91,5), а отрицательный прогностический фактор имел величину от 72,7 % до 86,7 % (в среднем 80,6 %).

Ключевые слова: анализ изображений, оценка цветности биологической поверхности, ортодонтия, диагностика кариеса.

Проблема распространенности, профилактики и лечения стоматологических заболеваний у детей продолжает оставаться ведущей в современной стоматологии [1, 2]. Во всем мире у 60-90 % детей школьного возраста и почти у 100 % взрослых людей имеется зубной кариес. В последние годы наблюдается стремительный рост кариеса зубов у детей школьного возраста, в том числе в Одесском регионе, что требует разработки эффективных методов его ранней диагностики и профилактики [2, 3].

Целью данной работы было определение возможности дистанционного (телемедицинского) контроля состояния зубов школьников, у которых осуществлялась коррекция зубных рядов с помощью брекет — систем. Диагностика ранней формы кариеса проводилась

путем идентификации меловых (белых) пятен, которые, как правило, локализованы на эмали вблизи основания зуба и участков крепления брекет- системы [4]. Подобный анализ проводили на снимках, получаемых с помощью смартфонов.

Материал и методы исследования

В работе наблюдали 72 пациента – 43 девочки и 29 мальчиков, средний возраст которых составил $13,1 \pm 1,2$ года. Всем детям с целью коррекции зубных применяли брекет-системы – у 48 по поводу диастемы и у остальных детей – скученности зубов. Все исследования проводили в соответствии с требованиями приказа МЗ Украины №417 от 15.07.2011 г. и результаты были одобрены комиссией по биоэтике Одесского национального медицинского университета.

При проведении исследований сходили из представления о том, что оценка цветности биологической поверхности при использовании смартфонов не является надежной [4, 7]. Результат подобных измерений зависит от множества факторов, включающих настройки чипа смартфона, освещенности объекта и калибровки шкалы цветности смартфона [7]. Поэтому в своем исследовании мы применили создание стандарта керамической поверхности, соответствующих по своей цветности поверхности зубов (как правило, центральных резцов) [4]. Данный подход был реализован с помощью спектрофотометра при стандартном освещении [5], после чего у пациентов проводилась контрольная съемка подобранной керамической поверхности и поверхности зубов, которая в последующем применялась в качестве калибровочного цветового изображения. При этом участок керамической поверхности временно крепился к брекету на момент фотосъемки.

Кроме того, сами пациенты проходили кратковременный тренинг – обучение съемке собственных зубных рядов с помощью смартфона. Объектив фотокамеры направляли строго к исследуемому объекту. Расстояние между камерой и тестируемым объектом также строго контролировали, поскольку этот фактор также важен для корректной передачи цвета исследуемого объекта. В нашем исследовании мы придерживались рекомендации проведения съемки смартфоном на удалении в 20 см от объекта [5, 6].

В настоящем исследовании применяли смартфон Sony Xperia S, отличающийся удовлетворительными характеристиками цветопередачи [7]. Для анализа цветов изображения использовали Adobe Photoshop CS6 и результат выражали в формате RGB шкалы. Коррекция цвета исследуемой поверхности зуба проводилась следующим образом (Рис. 1 – алгоритм).

На первом этапе для керамической поверхности, используемой в последующем в виде контроля или «калибровочного изображения» проводили соответствующие измерения R_c ; G_c ; B_c . Следует заметить, что исходные соотношения показателей эмали (R_1 ; G_1 ; B_1) и показателей калибровочного изображения (R_c ; G_c ; B_c) находились на некоем возможном минимуме, поскольку подбор показателей осуществлялся на основе принципа подобию цветности:

$$R_1 / R_c = \text{const } R (\text{min}); G_1 / G_c = \text{const } G (\text{min}); B_1 / B_c = \text{const } B (\text{min}) \quad (1);$$

После подбора калибровочной поверхности проводили измерения цветности объекта с помощью цифровых фотоснимков, полученных с помощью смартфона. При этом для самой калибровочной поверхности получали соответствующие значения R_c^x ; G_c^x ; B_c^x , которые отличались от спектрофотометрически определенных контрольных показателей (1).

Поэтому для приведения в соответствие с показателями спектрофотометрии рассчитывали поправочные коэффициенты:

$$R_c^x / R_c = R^x; G_c^x / G_c = G^x; B_c^x / B_c = B^x \quad (2);$$

На последнем этапе показатели цветности, полученные при анализе снимков (R_n ; G_n ; B_n), умножали на величину поправочных коэффициентов:

$$R_n \times R^x = R_f; G_n \times G^x = G_f; B_n \times B^x = B_f \quad (3); \quad (f - \text{final}).$$

Полученные в (3) значения применяют для перевода в шкалу CIE $L^*a^*b^*$, в которой проводили расчет величины белизны (светлости) исследуемой поверхности (Рис. 1). Оценка светлости важна при диагностике меловых пятен [6].

Учитывая тот момент, что в консультировании ортодонтических пациентов наиболее важным является анализ цветовых и морфометрических характеристик изображений зубов (циф-

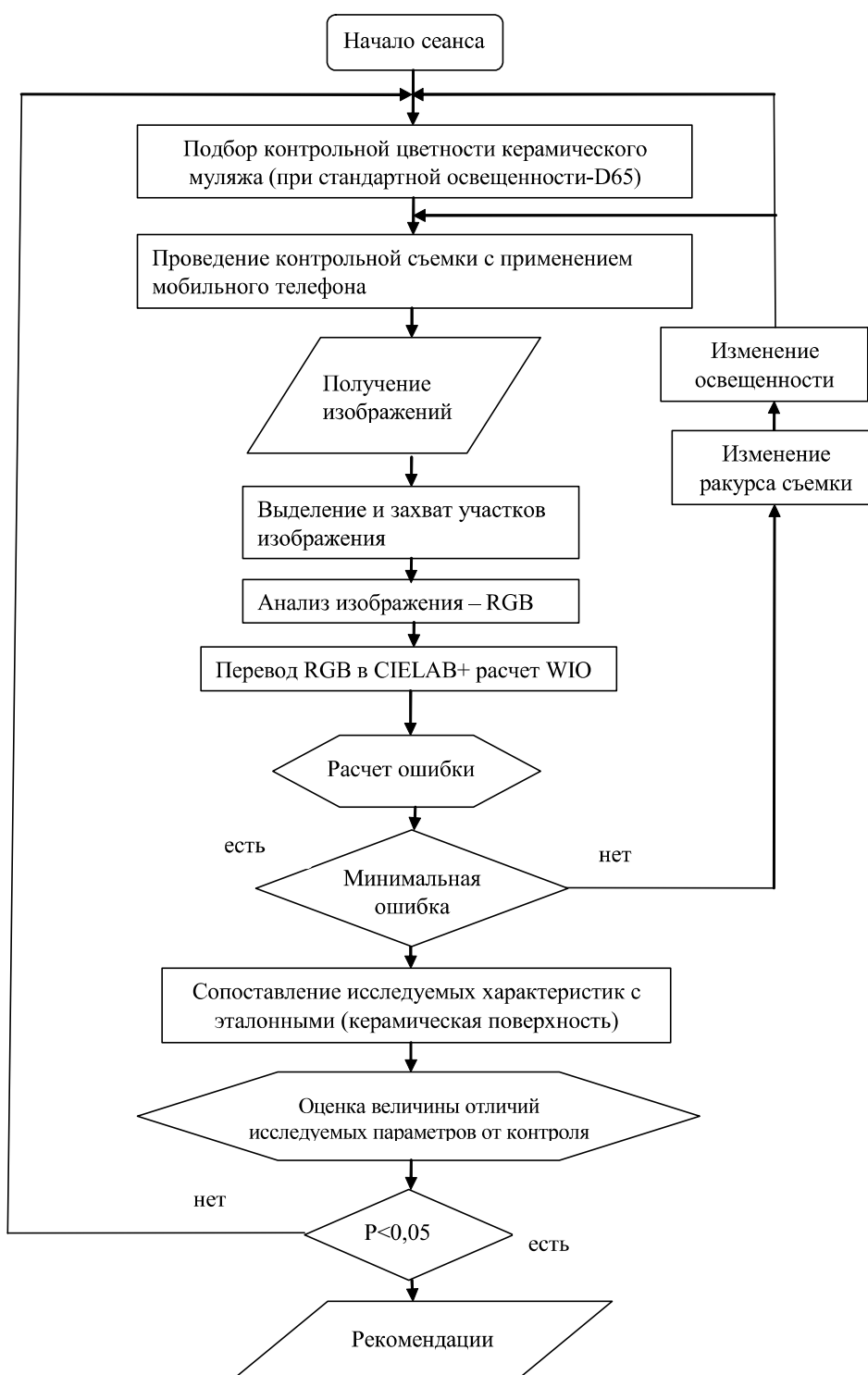


Рис. 1. Алгоритм оценки цвета поверхности зуба при ранней диагностике кариеса.

ровых фотографий), их оценку проводили в соответствии со следующими критериями:

1. Достижение цели диагностики (истинно положительный — ИП результат диагностики) оценивали по наличию

прямых или косвенных признаков заболевания, позволяющих установить диагноз.

2. Отрицательный результат диагностики устанавливали в том случае, когда имело место несоответствие заключения полученного при анализе цифрового фото с клиническим диагнозом, установленным при непосредственном осмотре пациентов. Случаи наличия иной патологии рассматривали в качестве ложноположительного результата (ЛП).

3. Обнаружение при осмотре заболевания, которое было отвергнуто во время анализа и диагностики по цифровому фотоснимку рассматривали в качестве ложноотрицательного результата исследования (ЛО).

4. Истинно отрицательный результат — отсутствие заболевания как на этапе диагностики, так и во время осмотра (ИО).

На основании полученных показателей проводили оценку чувствительности, специфичности, а также эффективности соответствующей диагностической процедуры:

Чувствительность рассчитывали как $ИП / (ИП + ЛО) \times 100 \%$

Специфичность — $ИО / (ИО + ЛП) \times 100 \%$

Кроме того, рассчитывали позитивный прогностический показатель (ППП): $ИП / (ИП + ЛП) \times 100 \%$ и негативный прогностический показатель (НПП) — $ИН / (ИН + ЛН) \times 100 \%$. [5].

Результаты исследований и их обсуждение

Проверка данного алгоритма действий была осуществлена в исследованиях на 72 пациентах, носящих систему брекетов для дистанционной диагностики меловых пятен — ранней формы кариеса.

Причем, на момент дистанционной диагностики у 53 выявлялось наличие меловых пятен, в то время как 19 паци-

ентов не имели признаков раннего кариеса.

Проведенные исследования показали, что чувствительность диагностики меловых пятен по цифровым фотоснимкам, передаваемым с помощью смартфона составила от 71,7 % до 84,9 % (в среднем — 78,0 %). При этом число ложноположительных диагнозов составляло от 8 до 15 (в среднем 12). При проведении коррекции фотоснимка с учетом цветовых характеристик ранее подобранной контрольной поверхности, показатель чувствительности метода возрастал на 15,1 % и составлял в среднем 93,1 %. Число ложноотрицательных диагнозов при этом уменьшалось и составляло от 2 до 7 (в среднем 5).

Показатель специфичности диагноза у пациентов в отсутствие коррекции цветовых характеристик составлял от 26,3 до 47,3 % и число ложноположительных диагнозов соответственно составляло от 10 до 14 (в среднем 12). В то же время при применении коррекции по разработанной методике специфичность возрастала в более, чем два раза и число ложноположительных диагнозов составляло от 3 до 6 (в среднем 5).

Положительный прогностический показатель при применении диагностики по цифровым снимкам без цветовой коррекции составлял в среднем 77,5 %, в то время как отрицательный прогностический показатель — 37,9 %. После цветовой коррекции по разработанному методу положительный прогностический показатель увеличивался на 14,0 %, а отрицательный прогностический показатель — в 2,1 раза (Табл. 1).

Таким образом, полученные результаты показали, что применение разработанной методики диагностики раннего кариеса — меловидных пятен с применением разработанной технологии цветовой калибровки смартфонов у пациентов ортодонтического профиля,

Результаты экспертной оценки диагностики раннего кариеса (меловых пятен) по цифровым снимкам зубных рядов (%)

Эксперты (по №№)	Чувствительность (%)	Специфичность (%)	Положительный прогностический показатель (%)	Отрицательный прогностический показатель (%)
До коррекции				
№1	45 (84,9)	7 (36,8)	78,9	46,7
№2	38 (71,7)	9 (47,3)	79,2	37,5
№3	41 (77,4)	5 (26,3)	74,5	29,4
Средние (по экспертам)	78,0	36,8	77,5	37,9
После коррекции				
№1	51 (96,2)	13 (68,4)	89,5	86,7
№2	47 (88,7)	16 (84,2)	94,0	72,7
№3	50 (94,3)	14 (73,7)	90,9	82,3
Средние (по экспертам)	93,1	75,4	91,5	80,6

наблюдаемых в процессе ношения брекет- систем, позволяет существенно повысить эффективность диагностики.

Представленные результаты также показывают, что применение смартфона Sony Xperia S для передачи цвета поверхности зуба сопряжено с искажением цветовой гаммы, что связано с конструктивно – техническими параметрами смартфона, особенностями проведения съемки – использования ракурса, освещения и расстояния к снимаемому объекту. Учитывая необходимость введения коэффициента коррекции соответствующих цветов, примененная в настоящем исследовании технология подбора контрольной (калибровочной) керамической поверхности, цвет которой при первом посещении пациента (до установки брекетов) соответствует цвету эмали зуба, показал эффективность последующего цветового анализа получаемых изображений при диагностике меловых пятен. При этом использованный алгоритм коррекции позволяет повысить специфичность и чувствительность диагностики очаговой деминерализации эмали в сравнении с обычным экспертным анализом цифровых фотоснимков. Реализация подобного подхода соответствует мнению [6, 7] о необходимости калибровки смартфонов при оценке цветопередачи и свидетельствует о принципиальной возможности использования соответствующей мобильной диагностики состояния эмали у

Таблица 1

пациентов с брекет – системами. Также важно отметить, что с целью цветовой коррекции (калибровки) могут быть применены и оптические характеристики самих элементов брекетов [4].

В целом полученные результаты показывают, что

цифровые фотографии зубных рядов, а также мягких тканей могут быть применены для дистантного (телемедицинского) консультирования пациентов, получающих ортодонтическое лечение, что может быть важным и с позиций экономической эффективности предоставления ортодонтических услуг населению.

Выводы

1. Оценка цветности биологической поверхности по разработанному методу позволяет эффективно диагностировать ранний кариес у детей школьного возраста, получающих ортодонтическое лечение.
2. Дистанционный анализ цифровых снимков поверхности зубов детей с брекет–системами является эффективным в отношении ранней диагностики кариеса.
3. Разработанная технология может быть эффективно применена при оценке цветности различных биологических поверхностей, в том числе лапароскопических изображений.

Литература

1. Деньга О.В. Стоматологическая заболеваемость детей дошкольного возраста г. Тернополь / О.В. Деньга, В.В. Ковальчук, В.С. Иванов // Вестник стоматологии. – 2014. – № 2. – С. 61-64.
2. Иванов В. С. Стоматологическая заболеваемость у детей дошкольного и младшего школьного возраста г. Одессы (часть

- 1) / В.С. Иванов // Вестник стоматологии. – 2013. – № 1. – С. 120-124.
3. Рейзвіх О.Е. Стоматологічна захворюваність дітей шкільного віку м.Іллічівськ / О.Е. Рейзвіх, С.А. Шнайдер, О.Б. Падун / / Вісник стоматології.- 2014.-№ 2.- С.106-108
4. Application of mobile photography with smartphone cameras for Monitoring of early caries appearance in the course of orthodontic correction with dental brackets/ / L.S.Godlevsky, E.A.Bidnyuk, N.R.Bayazitov et al. Applied Medical Informatics (Romania).- 2013.- Vol. 4, No. 33.- 21-26.
5. Color coverage of a newly developed system for color determination and reproduction in dentistry / ADozic, N.F.Voit, R.Zwaster et al./ / J.Dent.- 2010.- Vol.38.- Suppl 2: e50-6. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.004.
6. The color change in artificial white spot lesions measured using a spectroradiometer /Y.Kim, H.H. Son, K.Yi et al.// Clin. Oral. Invest.- 2013.- Vol. 17.- P.139–146. DOI: 10.1007/s00784-012-0680-x
7. Zegars I. Colour measurement using mobile phone camera. LAP LAMBERT Acad. Publ.- 2013.- 58 pp.

References:

1. Denga OV Dental disease in preschool children of Ternopol / OV Denga, VV Kovalchuk VS Ivanov // Journal of Dentistry. - 2014. - № 2. - P. 61-64 (Rus.).
2. Ivanov VS. Dental morbidity in children of preschool and primary school age in Odessa (Part 1) / VS Ivanov // Journal of Dentistry. - 2013. - № 1. - P. 120-124 (Rus.).
3. Reyzvih OE Stomatological morbidity in school children in Illichiovsk / OE Reyzvih, SA Schneider, OB Padun // News of stomatology.- 2014.-№ 2.- P.106-108 (Ukr.)
4. Application of mobile photography with smartphone cameras for Monitoring of early caries appearance in the course of orthodontic correction with dental brackets/ / L.S.Godlevsky, E.A.Bidnyuk, N.R.Bayazitov et al. Applied Medical Informatics (Romania).- 2013.- Vol. 4, No. 33.- 21-26.
5. Color coverage of a newly developed system for color determination and reproduction in dentistry / ADozic, N.F.Voit, R.Zwaster et al./ / J.Dent.- 2010.- Vol.38.- Suppl 2: e50-6. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.004.
6. The color change in artificial white spot lesions measured using a spectroradiometer /Y.Kim, H.H. Son, K.Yi et al.// Clin. Oral.

Invest.- 2013.- Vol. 17.- P.139–146. DOI: 10.1007/s00784-012-0680-x

7. Zegars I. Colour measurement using mobile phone camera. LAP LAMBERT Acad. Publ.- 2013.- 58 pp.

Резюме

МЕТОД ОЦІНКИ КОЛІРНОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ БІОЛОГІЧНОЇ ПОВЕРХНІ НА ПРИКЛАДІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЕМАЛІ ЗУБА

Біднюк К.А., Ляшенко А.В., Баязітов Д.М., Бузиновський А.Б., Нєнова О.М.

Метою дослідження була діагностика крейдових плям (ознаки раннього карієсу) за цифровими фотографіями, які було отримано за допомогою смартфона Sony Xperia S у дітей, яким здійснювали ортодонтичну корекцію зубних рядів за допомогою брекет-систем. Вимірювання кольору проводили із урахуванням поправки характеристики кольору стандартної керамічної поверхні, яку було підібрано в період установки брекет-систем, фотозображення якої отримували одночасно в період динамічного спостереження пацієнтів. Характеристики кольору в шкалі RGB переводили в CIE L*a*b* шкалу вимірювання кольору із урахуванням зазначеної корекції RGB компонентів калібровочною керамічною поверхнею, після чого розраховували відмінності показника світлості в зоні вимірювання. Експертна оцінка довела, що чутливість діагностики раннього карієсу склала від 88,7 % до 96,2 % (в середньому – 93,1 %) а специфічність знаходилась в межах від 68,4 % до 84,2 % (в середньому 75,4 %). Позитивний прогностичний показник склав від 89,5 % до 94,0 % (в середньому 91,5), а негативний прогностичний фактор мав величину від 72,7 % до 86,7 % (в середньому 80,6 %).

Ключові слова: *аналіз зображень, оцінка колірності біологічної поверхні, ортодонтия, діагностика карієсу.*

Summary

THE METHOD OF DIGITAL PHOTHOES
COLOR OF BIOLOGICAL SURFACES
ESTIMATION WITH THE DENTAL EMAL
DISTANT STATE DETERMINATION AS AN
EXAMPLE

*Bidnyuk K.A., Lyashenko A.V.,
Bayazitov D.N., Buzinovskiy A.B.,
Nenova O.N.*

The objective of this research was observation of patients, who underwent orthodontic tooth alignment correction with dental brackets, for the detection of white spots, (early stage of caries) based on the digital photographs taken with a smartphone Sony Xperia S. Color reading was realized taking into account the adjustment of color features of a standard ceramic tile that was selected during the dental brackets installation period, the photo of which was taken simultaneously during the dynamic observation period. The color scale RGB was transformed into CIE L*a*b scale on the basis of correction of RGB components of smartphone image

with correction coefficient, which was recalculated for tile surface RGB values. Consequent evaluation of lightness of suspected spots on the enamel served for the detection of white spots appearance. The expert appraisal showed sensitivity of proposed method between 88,7 % and 96,2 % and specificity between 68,4 % and 84,2 %. The positive predictive value was between 89,5 % and 94,0 %; and the negative predictive value was between 72,7 % and 86,7 %. Digital smartphone photo color corrected on the basis of comparison with tile surface permits to diagnose white spots appearance in patients with orthodontic tooth alignment correction.

Keywords: *medical images analysis, the colorness of the biological surface estimation, ortodonty, caries diagnostics.*

*Впервые поступила в редакцию 10.05.2016 г.
Рекомендована к печати на заседании
редакционной коллегии после рецензирования*

УДК 616.89-008.44-02-092:616.379-008.64-06- АПМТ-№3

**КЛІНІКО-ЛАБОРАТОРНІ ОСОБЛИВОСТІ ХВОРИХ НА
ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ 2-ГО ТИПУ У КОНТЕКСТІ КОМПЛАЄНСУ
ДО ТЕРАПІЇ**

Ткаченко О.В.
ГЗ «ЗМАПО МОЗ України»

В статті проведено аналіз рівнів глюкози в залежності від ступеню тяжкості захворювання. Простежено кореляційні взаємозв'язки між гіпер- та гіпоглікемічними станами та комплаєнсом до терапії. Встановлено домінуючі типи порушення комплаєнсу до терапії в залежності від типу ставлення хворих до свого захворювання.

Ключові слова: *цукровий діабет 2-го типу, комплаєнс, ставлення до хвороби, глюкоза крові*

Актуальність дослідження

Цукровий діабет (ЦД) 2-го типу представляє собою класичний психосоматоз і є одним із розповсюджених захворювань в світі і фактично досягає рівня епідемії. За даними літератури розповсюдженість ЦД 2-го типу досягає 9% від

всього дорослого населення світу. Зважаючи на те, що ЦД є одним з основних причин підвищення смертності серед населення, підвищення якості терапії хворих на ЦД являє собою одне з основних завдань сучасної медицини [1, 3 – 6].

Стабілізація соматичного стану хво-