

УДК 616.314-002-08: 616.314.13]-092.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭСТЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА КАРИЕСИНФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ОЧАГОВОЙ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ ЭМАЛИ

М. А. Муравьёва^{1}, Е. С. Гилёва², А. Л. Зуев³, А. И. Нечаев⁴*

¹ Пермская государственная медицинская академия им. ак. Е. А. Вагнера,

² Поликлиника открытого акционерного общества «Газпром», г. Москва,

³ Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь,

⁴ Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь, Россия

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF ESTHETIC EFFECT OF CARIESINFILTRATION IN FOCAL ENAMEL DEMINERALIZATION

M. A. Muravieva^{1}, E. S. Gileva², A. L. Zuev³, A. I. Nechaev⁴*

¹ Perm State Academy of Medicine named after Academician E. A. Wagner,

² Open Joint Stock Company "Gazprom" Polyclinic, Moscow,

³ Institute of Mechanics of Continua of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Perm,

⁴ Institute of Technical Chemistry of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

Цель. Оценить в условиях эксперимента возможность и целесообразность использования аддитивной цветовой (RGB) модели для характеристики цвета деминерализованной эмали и его изменений после инфильтрации светокомпозитом.

Материалы и методы. Материалом исследования послужили 14 интактных зубов (клыков и резцов) человека, удаленных по ортодонтическим показаниям. Проводили экспериментальные исследования по разработке модели «искусственного кариеса»; экспериментальный анализ цветовых характеристик зубов с помощью аддитивной модели.

Результаты. Лечение начального кариеса зубов методом инфильтрации достоверно снижает значение показателей цветовой разницы (GM и BY) между проинфильтрированным участком эмали и его перифокальной зоной, что обеспечивает оптимальный эстетический результат лечения.

Выводы. В результате качественного анализа цветовых характеристик вестибулярной поверхности эмали интактного зуба и очага «искусственной» деминерализации до и после кариесинфильтрации определен высокий эстетический эффект инфильтрации Icon.

Ключевые слова. Кариес, метод инфильтрации, аддитивная цветовая модель (RGB-модель).

Aim. To assess in experiment the possibility and expediency of using an additive color model (RGB) for characterization of the color of demineralized enamel and its changes after photocomposite infiltration.

© Муравьёва М. А., Гилёва Е. С., Зуев А. Л., Нечаев А. И., 2013

e-mail: rav.m@mail.ru

тел. 8 (342) 233 01 92

[Муравьёва М. А. (*контактное лицо) – аспирант кафедры пропедевтики и физиотерапии стоматологических заболеваний; Гилёва Е. С. – кандидат медицинских наук, врач-стоматолог; Зуев А. Л. – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидродинамической устойчивости; Нечаев А. И. – младший научный сотрудник лаборатории многофазных дисперсных систем].

Materials and methods. The material to be investigated included 14 human intact teeth (labial teeth) extracted by orthodontic indications. Experimental studies were performed using the developed model of «artificial caries», experimental analysis of color characteristics of teeth –with additive model.

Results. Treatment of initial dental caries with infiltration method reliably decreases color difference indices (*GM* and *BY*) between the infiltrated part of enamel and its perifocal zone that provides an optimal esthetic result of treatment.

Conclusion. As a result of qualitative analysis of color characteristics of vestibular surface of intact tooth and «artificial» demineralization before and after cariesinfiltration, high esthetic effect of infiltration before and after cariesinfiltration was reached.

Key words. Caries, infiltration method, additive color model (*RGB*-model).

ВВЕДЕНИЕ

Дефекты кариозного происхождения, локализующиеся на вестибулярной поверхности зубов, сопровождаются структурно-функциональными и эстетическими нарушениями, снижением стоматологических параметров качества жизни [1, 8]. Одним из инновационных направлений лечения кариеса в стадии белого пятна является метод кариесинфильтрации участка деминерализованной эмали вязкотекучим композитным материалом Ison, разработанным немецкой компанией DMG в 2009 г. Метод основан на послойном «пропитывании» (инфильтрации) очага деминерализации эмали (ОДЭ) светоотверждаемой смолой, которое проводится после предварительного протравливания поверхностного, относительно высокоминерализованного «псевдоинтактного» слоя эмали. По данным зарубежных авторов [9, 10], инфильтрант проникает в межкристаллические поры эмали по всему объему участка поражения и после отверждения укрепляет («армирует») деминерализованный участок эмали, в целом препятствует дальнейшему прогрессированию заболевания. Светокомпозитный материал Ison-инфильтрант в отличие от традиционно применяемых для эстетической реставрации композитов с различной цветовой (оттеночной) гаммой является монохромным композитом. Постулируется [10] его цветовое соответствие наиболее часто выявляемым оттенкам фронтальных зубов у молодых европеоидов: А1 (21,9%), А2 (32,9%),

А3 (27,4%) – для верхних центральных резцов, А3 (30,1%), А2 (28,7%), D3 (21,9%), А1 (8,9%) – для верхних латеральных зубов и А3 (33,6%), D3 (35,6%), А2 (21,2%) – для верхних клыков [2]. Лечение начальных стадий кариеса фронтальной группы направлено на достижение структурно-функционального и эстетического оптимума. Однако врачи-стоматологи, определяющие эстетическую составляющую лечения ОДЭ, характеризуют размеры кариозного пятна, цвет, блеск и опалесценцию эмали в участке поражения до и после лечения лишь на основе визуальных заключений (профессиональной оценки и самооценки пациента) [5, 6]. Неслучайно наиболее часто на практике используются весьма упрощенные критерии оценки эстетического эффекта кариесинфильтрации – констатация исчезновения белого пятна, уменьшение его белизны и четкости границ. На практике нередко возникают ситуации, когда врачу-стоматологу необходимо идентифицировать наличие проинфильтрованного ОДЭ, например, при динамической оценке эффективности лечения в отдаленные сроки наблюдения, при разрешении конфликтных ситуаций, в судебно-экспертизе. В случаях идеального «попадания» цвета Ison-инфильтранта в цвет зуба сделать это весьма непросто, к тому же материал нерентгеноконтрастен. Поэтому разработка методик объективной оценки эстетического эффекта кариесинфильтрации по технологии Ison является актуальной задачей профилактической и консервативной стоматологии.

Для точного прогнозирования эстетического результата кариесинfiltrации необходимы экспериментальные исследования цветовых характеристик ОДЭ до и после пропитывания материалом Icop. Во многих отечественных и зарубежных экспериментальных исследованиях по проблемам кариесологии опыты осуществляются на моделях удаленных (по показаниям) зубов человека [7]. Для экспериментального (*in vivo* и *in vitro*) моделирования начальных стадий кариеса, изучения кариесогенной ситуации и оценки эффективности реминерализующих средств в качестве биоматериала могут использоваться зубы животных, предпочтительнее быков, твердые ткани которых, по некоторым данным [11], наиболее точно соответствуют морфоструктурным характеристикам эмали и дентина человека. Однако наличие необходимого для научных исследований набора репрезентативного количества зубов человека, пораженных начальным кариесом, но имеющих иные показания к удалению, – задача практически невыполнимая. Поэтому в экспериментальных исследованиях чаще используются модели «искусственного кариеса», создаваемые *in vitro* путем протравливания эмали с помощью различных химических реагентов [12].

В последние годы в экспериментальной стоматологии стали использоваться аддитивные цветовые модели, количественно характеризующие изменение цвета зубов до и после применения различных лечебных технологий [4]. Впервые аддитивная цветовая модель *RGB* (по названию цветов: красный – red, зелёный – green, синий – blue) была предложена в 1861 г. Д. К. Максвеллом в качестве способа слияния цветов для получения цветных изображений. Модель цветовоспроизведения Максвелла была основана на том обстоятельстве, что оптическое смешение определенных цветов может давать другие цветовые оценки, в том числе ощу-

щение белого цвета. При этом существует всего три основных цвета (красный, зеленый и синий), которые невозможно получить путем смешивания. С их помощью можно составить все остальные оттенки и цвета, называемые аддитивными. Выбор основных цветов обусловлен не физическими причинами, а особенностями физиологии восприятия цвета сетчаткой человеческого глаза, имеющей рецепторы, избирательно чувствительные именно к красному (с длиной волны 630 нм), зеленому (528 нм) и синему (457 нм) цветам. Другими словами, модель *RGB* в части триадных цветов имитирует восприятие цвета зрительного аппарата человека. Модель *RGB* успешно применялась для синтеза цвета электронными устройствами (телевизорами, мониторами), а сегодня используется в компьютерной графике для обработки цветных растровых изображений программными редакторами изображения, такими, например, как Paint, PhotoEditor, Adobe PhotoShop и др.

Цель исследования – оценить в условиях эксперимента возможность и целесообразность использования аддитивной цветовой (*RGB*) модели для характеристики цвета деминерализованной эмали и его изменений после инfiltrации светокомпозитом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили 14 интактных зубов (клыков и резцов) человека, удаленных по ортодонтическим показаниям. Экспериментальные исследования по разработке модели «искусственного кариеса» (приоритетная справка 2012147965 от 12 ноября 2012 г. на «Способ моделирования очага деминерализации эмали зуба») проводились на базе лаборатории многофазных дисперсных систем Института технической химии УрО РАН (заведующий лабораторией доктор химических наук В. А. Вальци-

фер). Экспериментальный анализ цветовых характеристик зубов с помощью аддитивной цветовой модели выполнен на базе лаборатории гидродинамической неустойчивости Института механики сплошных сред (заведующий лабораторией – кандидат физико-математических наук К. Г. Костарев) при консультировании доктора физико-математических наук А. Л. Зуева.

На первом этапе проводили сканирование (фотосканер HP Scanjet G3010) вестибулярной поверхности зуба с очагом «искусственного кариеса» и этого же зуба после инфильтрации ОДЭ. Затем полученные изображения вестибулярной поверхности зуба обрабатывали в редакторе PhotoShop. В графическом редакторе Adobe PhotoShop, используемом для обработки полученных изображений, при наведении курсора на определенный пиксель во вспомогательном открывающемся окне отражаются значения цветов R , G , B . В исследуемых участках (перифокальный участок интактной эмали, ОДЭ, ОДЭ после инфильтрации материалом Ison) вырезали квадратные области размером 20×20 пикселей, которые анализировали с помощью компьютерной программы Бэйсиқ, позволяющей считать значения чисел R , G , B всех пикселей в области изображения и рассчитывать их среднее значение, что существенно уменьшало среднеквадратичную погрешность. Дополнительно для нивелирования различий, связанных с неоднородностью освещения выпуклой поверхности зуба, проводили усреднение по 10 различным квадратным областям, вырезанным в разных местах анализируемой области. Так как абсолютные значения чисел R , G , B в силу различной степени освещенности поверхности зуба оказались не полностью пригодными для сравнения цветовых характеристик различных зубов, рассчитывали пропорции для чисел R , G и B , используя для нормировки максимальную

яркость исследуемого участка. В качестве последней определяли интенсивность того из цветов, у которого она максимальная $I = \max(R, G, B)$. Вводили 3 коэффициента, обозначаемые соответственно RC (Red–Cyan), равный R/I ; GM (Green–Magenta), равный G/I ; BY (Blue–Yellow), равный B/I . Коэффициент $RC=R/I$ в случае полного белого цвета должен быть равен единице. Понижение этого показателя менее единицы означает усиление в цвете зуба голубого оттенка. Коэффициент $GM=G/I$ в случае полностью белого цвета должен быть также равен единице. Значение этого показателя менее единицы свидетельствует об усилении в цвете зуба пурпурного оттенка. Аналогичным образом коэффициент $BY=B/I$ в случае абсолютного белого цвета тоже равен единице, а его уменьшение свидетельствует об усилении желтого оттенка. В процессе исследования оказалось, что для эмали исследуемых фронтальных зубов яркость R (красного цвета) всегда принимала максимальное значение, следовательно, для каждого образца максимальное значение наблюдалось у показателя R (преобладание красного цвета), несколько меньшие значения – у G (зеленого цвета) и минимальные – у B (голубого цвета). В нашем исследовании коэффициент $RC=R/I=1$.

Для изучения цветовой разницы между ОДЭ и перифокальным участком интактной эмали до и после кариесинфильтрации вводили показатели цветовой разницы GM и BY , количественно объективизирующие визуальные изменения цвета вестибулярной поверхности зуба в динамике:

$GM=GM$ (ОДЭ)– GM (перифокальный участок интактной эмали зуба),

$BY=BY$ (ОДЭ)– BY (перифокальный участок интактной эмали зуба).

Статистическая обработка материала проведена с помощью стандартного пакета прикладных программ Microsoft Excel. Полу-

Показатели GM и BY в ОДЭ и в участке перифокальной интактной эмали до кариеинфильтрации и после нее, %

Показатель	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14
До кариеинфильтрации														
ΔGM	2,80	2,9	3,20	3,50	5,50	3,65	3,30	3,11	1,90	1,50	1,20	3,24	2,97	2,67
ΔBY	9,19	8,90	9,38	9,81	12,06	12,85	15,08	13,07	12,05	8,81	13,65	12,98	10,57	10,50
После кариеинфильтрации														
ΔGM	0,52	0,21	0,25	0,42	0,26	0,59	0,75	0,56	0,27	0,11	0,13	0,14	0,32	0,65
ΔBY	2,62	2,10	2,45	1,87	2,15	3,79	2,79	1,25	1,60	1,50	1,20	3,12	1,13	2,11

ченные результаты анализировали на основании параметрических (парный t -критерий Стьюдента) и непараметрических методов (критерий Манна–Уитни).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Цифровые значения показателей BY и GM для ОДЭ и участка перифокальной интактной эмали до инфильтрации материалом Ison представлены в таблице.

Разница в цвете в ОДЭ и в участке перифокальной интактной эмали зуба до лечения, объективизированная с помощью коэффициентов BY и GM , была достоверной ($2,96 \pm 0,41$ и $11,35 \pm 0,66\%$ соответственно, $p < 0,001$), что свидетельствует о наличии локального дисколорита на фоне интактной эмали, являющегося визуальной доминантой и вносящего очевидную неоднородность в цвет вестибулярной поверхности зуба.

После проведения инфильтрации ОДЭ по технологии Ison разница в цвете участка неизменной эмали с ОДЭ оказалась недостоверной (коэффициенты GM и BY составили соответственно $0,37 \pm 0,63$ и $2,12 \pm 0,23\%$). Очевидно, что видимый глазом цветовой диссонанс коронки зуба, обусловленный наличием белого кариозного пятна, нивелировался, цвет вестибулярной поверхности «выровнялся» за счет приближения цвета участка проинфильтрованной эмали к цвету окружающего его участка интактной эмали (рисунок).

Таким образом, лечение ОДЭ методом кариеинфильтрации сопровождается дос-

товерным снижением значений показателей цветовой разницы (GM и BY) между проинфильтрованным участком и перифокальной зоной эмали, что объективно характеризует эстетический результат лечения.

Согласно полученным экспериментальным данным наиболее чувствительным к цветовым изменениям в участке интактной эмали и в участке ОДЭ оказался коэффициент BY , что обосновывает целесообразность использования источников синего света с длиной волны 457 нм для ранней диагностики кариеса, дифференциальной диагностики кариозных и некариозных поражений зубов, а также для оценки эстетической составляющей лечения кариеса в стадии пятна. Из широкого спектра устройств для кариедетекции синий цвет с указанной длиной волны используется в интраоральной камере SoproLife (Light-Induced Fluorescence Evaluator, Asteon group), которую рекомендуется применять в клинической части работы [3].

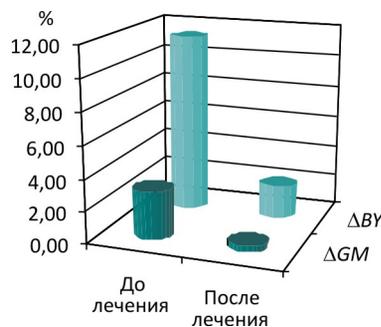


Рис. Значение показателей цветовой разницы GM и BY до и после инфильтрации ОДЭ материалом Ison

Таким образом, количественный *in vitro* анализ цветовых характеристик вестибулярной поверхности эмали интактного зуба и очага «искусственной» деминерализации до и после кариесинфильтрации, основанный на расчете аддитивной цветовой модели RGB, объективизировал достоверный высокий эстетический эффект инфильтрации Icon и создал теоретические предпосылки для применения этой методики в клинической практике.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-Урал № 11-08-96018-р_урал_a.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гилёва О. С., Либик Т. В., Халилаева Е. В., Плёнкина Ю. А. Стоматологическое здоровье в критериях качества жизни. Медицинский вестник Башкортостана 2011; 3: 6–11.
2. Гилёва Е. С. Комплексный подход к эстетике лица и улыбки. Пермский медицинский журнал 2007; 3: 99–102.
3. Гилёва О. С., Сидоров В. А., Сидорова К. В. Первый опыт применения внутриротовой камеры на стоматологическом приеме. Материалы VI Всерос. конф. «Стоматология детского возраста»; второго Сибирского конгр. «Челюстно-лицевая хирургия и стоматология»; всерос. симп. «Новые технологии в стоматологии». Новосибирск: Сибмедиздат НГМУ 2007; 67–69.
4. Ерофеева Е. С. Повышение качества лечения пациентов с дисколоритами фронтальных зубов (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Пермь 2010; 21.
5. Зуева Т. Е., Кисельникова Л. П., Маланчук И. И., Бадретдинова Г. Р. Визуальные критерии эффективности применения методов инфильтрации у подростков после лечения несъемными ортодонтическими конструкциями. Стоматология детского возраста и профилактика 2011; 2: 19–22.
6. Макеева И. М., Скатова Е. А., Власова Н. Н. Клинико-лабораторные обоснования лечения кариеса методом инфильтрации в комбинации с профессиональным отбеливанием. Ч. 1. Клиническая стоматология 2011; 1: 8–10.
7. Морозов И. А., Свистков А. А., Гилёва О. С., Ерофеева Е. С. Экспериментальное исследование влияния клинического отбеливания на микроструктуру поверхности эмали зубов. Российский журнал биомеханики 2010; 1: 56–64.
8. Халявина И. Н., Гилёва О. С., Плёнкина Ю. А., Либик Т. В., Муравьёва М. А. Возможности улучшения качества жизни больных гемофилией при эстетической реставрации зубов. Стоматология 2012; 2: 26–28.
9. Paris S., Meyer-Lueckel H., Kielbassa A. M. Resin infiltration of natural caries lesion. J. Dent. Res. 2007; 86: 662–666.
10. Paris S., Meyer-Lueckel H. Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration: A clinical report. Quintessence Int. 2009; 9: 1–6.
11. Reis A. F., Giannini M., Kavaguchi A. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. The Journal of Adhesive Dentistry 2004; 6: 117–121.
12. Wefel J. S., Harless J. D. Comparison of artificial white spot by microradiography and polarized light microscopy. J. Dent. Res. 1984; 63: 1271–1275.

Материал поступил в редакцию 02.02.2013