

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Хасасна М.М., Акулович А.В.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ И АППАРАТНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТА ЗУБОВ

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, г. Москва, Российская Федерация

Точное определение цвета зубов — важная задача эстетической и реставрационной стоматологии, один из наиболее важных для пациента критериев качества и ключ к успешному результату работы для стоматолога. Во многих случаях необходимый цвет реставрации не будет получен из-за ошибок в определении исходного цвета или ошибок при воспроизведении его в прямой реставрации или стоматологической лаборатории.

Вывод. Спектрофотометры, колориметры, внутриротовые сканеры и системы визуализации полезны и актуальны как инструменты для измерения и анализа цвета зубов, а также контроля качества цветопередачи. Сочетание визуальных и инструментальных методов определения цвета зубов приводит к предсказуемым эстетическим результатам.

Ключевые слова: цвет зуба; измерение цвета; цветовые расцветки; колориметры; спектрофотометры; цифровая камера; внутриротовые сканеры.

Для цитирования: Хасасна М.М., Акулович А.В. Сравнительная характеристика инструментальных и аппаратных методов определения цвета зубов. *Российский стоматологический журнал.* 2020;24(5):344-354. <http://doi.org/10.17816/1728-2802-2020-24-5-344-354>

Для корреспонденции: Акулович Андрей Викторович, кандидат медицинских наук, профессор, профессор кафедры ортопедической стоматологии РУДН, e-mail: dr.akulovich@mail.ru

Hasasna M.M., Akulovich A.V.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF CONVENTIONAL VISUAL METHODS AND INSTRUMENTAL DIGITAL METHODS FOR TOOTH COLOR DETERMINATION

Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Moscow, Russian Federation

Shade matching is a challenging step and the major objective in esthetic and restorative dentistry. On many occasions, the production of the accurate target color will not be achieved due to errors in the registration of the target color, or errors in composing the appropriate color of the restoration in the dental laboratory. Thus, the accurate and correct shade matching of tooth and restoration is one of the most important quality criteria for the patient and the key to successful results for the dentist.

Conclusion: Spectrophotometers, colorimeters, intraoral scanners, and imaging systems are useful and relevant tools for tooth color measurement and analysis, and for the quality control of color reproduction. The combination of visual and instrumental methods of tooth color determination will complement each other, leading toward predictable esthetic results.

Keywords: tooth color; color measurement; shade guide; colorimeters; spectrophotometers; digital camera; intraoral scanners.

For citation: Hasasna M.M., Akulovich A.V. Comparative characteristics of conventional visual methods and instrumental digital methods for tooth color determination. *Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal.* 2020;24(5):344-354. <http://doi.org/10.17816/1728-2802-2020-24-5-344-354>

For correspondence: Andrey V. Akulovich, Candidate of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, Peoples' Friendship University of Russia, E-mail: dr.akulovich@mail.ru

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Received 12.07.2020

Accepted 17.08.2020

Введение

Корректное и точное определение оттенка для прямых и непрямых реставраций всегда было одним из сложных, и в то же время важных аспектов эстетической стоматологии. Визуальное определение оттенков с помощью популярных инструментальных методик, хотя и повсеместно распространено, тем не менее очень субъективно. На точность визуального определения цвета зубов могут повлиять следующие факторы: искусственное освещение, недостаточный опыт оператора, усталость глаза и особенности зрения. Такие оптические эффекты, как метамерия, светоотражение и индивидуальные характеристики

естественных зубов дополнительно способствуют вариабельности выбора оттенка.

Если эстетику в целом можно определить как принцип или набор принципов, связанных с оценкой искусства и красоты, то определение цвета в стоматологии можно определить как клиническую процедуру, которая связана с получением цветовой совместимости между зубами и окружающими их мягкими тканями, а также с обеспечением стабильности цвета зубов во время и после реставрирования прямым или непрямым путем [1, 2].

Неправильный выбор оттенка считается второй наиболее распространенной причиной для переде-

лок керамических реставраций после проблем с препарированием зубов и с получением оттисков [3].

Методы определения оттенков (цвета зубов)

Инструментальные методы

Процедура определения цвета зубов может проводиться визуально с помощью расцветок или специальных аппаратов или обоими методами одновременно [4–6].

Цветовые расцветки, которые широко используются и сегодня, не претерпели существенных изменений за последние 50 лет, за исключением добавления нескольких цветов стандартных заготовок для CAD/CAM аппаратов [4].

Наиболее популярными расцветками, используемыми в настоящее время для определения цвета зубов, являются VITA Classical, VITA Toothguide 3D-Master, Chomascop Shade Guide и индивидуализированные гарнитуры [4].

VITA Classical: самая популярная расцветка в стоматологии. Современная ее модификация (VITA Classical A1-D4) (от самого яркого до самого темного варианта) имеет 16 базовых цветов, разделенных на четыре группы: А (красновато-коричневые), В (красновато-желтые), С (серые), D (красновато-серые) [7–9] (рис. 1).

VITA Toothguide 3D-Master: имеет 26 базовых вариантов оттенков зубов и три варианта для отбеленных зубов (OM3-OM2-OM1), создана с учетом цветовой теории Манселла, по которой цвет зуба рассматривается как трехмерная величина [9, 10] (рис. 2). Цвета в расцветке VITA Toothguide 3D-Master и ее дополнениях Bleachguide и Linearguide расположены логически, а не эмпирически, как в VITA Classical [11–15]. Важное преимущество шкалы VITA Toothguide 3D-Master для специалиста заключается в том, что процедура определения цвета систематизирована, упрощена и выполняется в три логических шага: определения светлоты, интенсивности и доминирующего цветового оттенка [9, 16–19].

Chomascop Shade Guide: эта расцветка оптимальна при изготовлении реставраций из полевого шпата, поскольку сделана из образцов полевого шпата, соответствующих руководству по оттенкам Chomascop компании Ivoclar/Vivadent (рис. 3). Для указания оттенка используются цифры, например, 100 соответствует белому спектру, 200 — желтому, 300 — оранжевому, 400 — серому и 500 — коричневому. Интенсивность обозначена другим набором чисел: 10 указывает на высокую светлоту с низкой интенсивностью, а 40 — на низкую светлоту с высокой интенсивностью [4, 9].

Индивидуализированные (custom shade guide) расцветки: если цвет зуба не совпадает ни с одной из стандартных расцветок, можно сделать расцветку самостоятельно из тех материалов, которыми планируется проводить реставрацию (рис. 4). Это может быть необходимо для высокоинтенсивных по окра-



Рис. 1. VITA Classical.

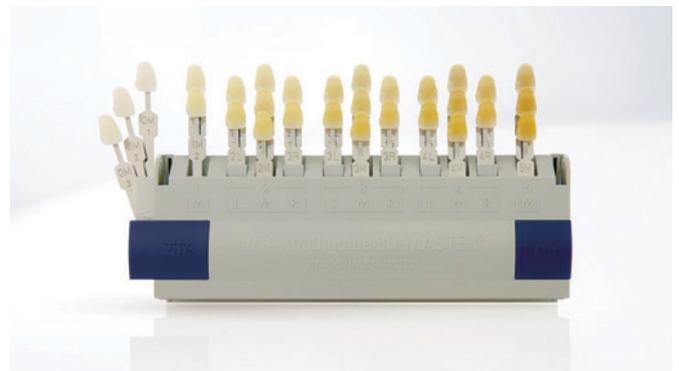


Рис. 2. VITA Toothguide 3D-Master.

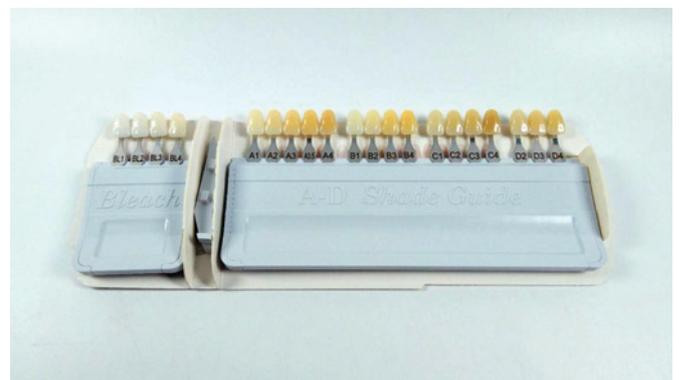


Рис. 3. Chomascop Shade Guide.



Рис. 4. Система для создания индивидуальной расцветки Cgrt «My Shade Guide» (Smile Line, Швейцария).



Рис. 5. Спектрофотометр VITA Easyshade V.



Рис. 6. Спектрофотометр Spectro Shade.

ске зубов пожилых людей или для ярких молодых зубов [9, 20]. Одни и те же стандартные цвета A1, A2, A3 и т. д. у разных производителей стоматологических материалов часто не совпадают по цветовым параметрам, поэтому индивидуализированная расцветка из определенных материалов, разумеется будет влиять на точность цветопередачи в реставрации.

Аппаратные (цифровые) методы определения цвета зубов

Аппаратный способ определения цвета зубов заключается в объективном компьютерном анализе изображения, полученного при идеальных оптических условиях. Окружающий свет не должен влиять на результаты цветоопределения, полученные спектрофотометрами и колориметрами [21, 22]. Основным преимуществом аппаратного метода определения цвета зубов является устранение субъективности. Однако цвет все равно не является полностью объективным параметром, и на его восприятие будет влиять интерпретация информации о цвете в головном мозге [6, 23, 24].

S. Paul и соавт. подтвердили, что цифровой анализ цвета зубов является более точным и более последовательным по сравнению с оценкой оттенков человеческим глазом. Три оператора измеряли цвет интактного верхнего резца у 30 пациентов с помощью спектрофотометра Spectro Shade (МНТ, Швейцария) с источником монохроматического света 6500 К и расцветкой VITA Classical. Были получены следующие результаты: совпадения мнений были отмечены только в 26,6 % замеров, в группе со спектрофотометром — 83,3 % [25].

Преимущества высококачественных инструментов для подбора оттенков [26]:

- отсутствие влияния окружающих условий, в том числе освещения;
- воспроизводимость результатов;
- простая документация;

- надежная передача данных.

Все цветоизмерительные устройства — спектрофотометры, колориметры или цифровые системы камер — состоят из детектора, формирователя сигнала и программного обеспечения [27, 28], которые обрабатывают сигнал таким образом, чтобы данные можно было использовать в стоматологическом кабинете или лаборатории. Из-за сложной взаимосвязи между этими элементами точный колориметрический анализ затруднен [4, 6].

Спектрофотометры. Наиболее точное устройство для цветового анализа — прибор, имеющий световод, оптическую систему измерения, детектор и средство преобразования полученного света в сигнал, который можно математически анализировать [9, 29, 30] (рис. 5, 6). Спектрофотометр измеряет и записывает количество видимой энергии излучения для любого цвета в видимом спектре [25, 31–35]. Данные, полученные с помощью спектрофотометров, необходимо интерпретировать, а также переводить математические значения в принятые среди стоматологов кодировки [36, 37]. Спектрофотометры измеряют световые волны, отраженные от объекта во многих точках вдоль визуального спектра (с интервалами от 1 до 25 нм по всему видимому

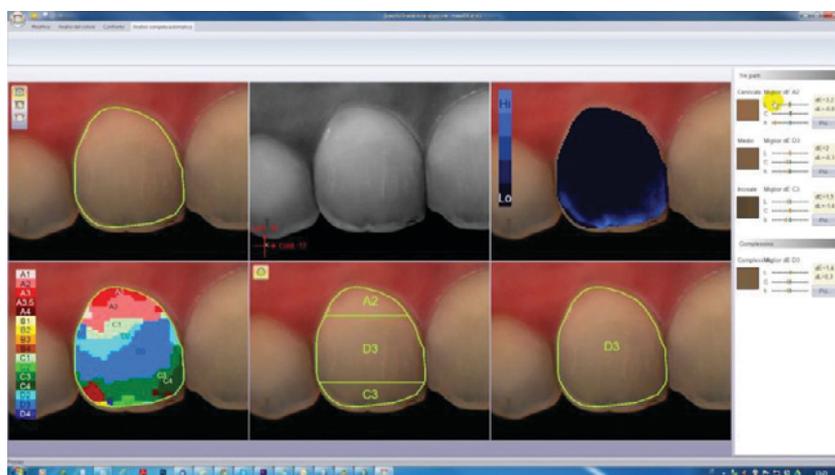


Рис. 7. Рабочее изображение с различными опциями на дисплее спектрофотометра после замера оттенка зуба.

спектру) [38]. При сравнении с оценкой цвета человеческим глазом или традиционными методами было обнаружено, что спектрофотометры обеспечивают увеличение точности на 33 % и более объективное сопоставление в 93,3 % случаев [6]. Спектрофотометрический анализ оттенков более точный и более воспроизводимый по сравнению с визуальными методами [25] (рис. 7). Недостатки: высокая технологичность, требующая обширной экстраполяции данных, и высокая стоимость устройств [30]. Но более важен тот факт, что с их помощью несложно измерить цвет зубов *in vivo* [39].

Колориметры. Они часто используются в клинической стоматологии и стоматологических исследованиях как *in vivo*, так и *in vitro* [40–44]. С их помощью измеряют трехцветные значения и фильтруют свет в красных, зеленых и синих областях видимого спектра [45]. Колориметры не регистрируют спектральную отражательную способность и не могут быть такими же точными, как спектрофотометры; к тому же старение фильтров в них может дополнительно повлиять на точность [6]. Тем не менее большинство опубликованных стоматологических исследований естественного цвета зубов *in vitro* и *in vivo* проводилось с помощью колориметров [39, 45–49]. К недостаткам использования колориметров для измерения цвета зубов можно отнести тот факт, что колориметры предназначены для измерения плоских поверхностей, а зубы чаще всего не плоские, могут иметь поверхностные аномалии, а колориметры с малой апертурой подвержены эффекту «потери краев», следовательно, определение цвета часто будет выполняться с погрешностью [39].

Цифровые камеры с RGB-устройствами. Наименее точным и не получившим распространения методом определения цвета зубов является использование RGB-устройств (от сокращения red, green, blue — по известной аддитивной цветовой модели, описывающей способ кодирования цвета для цветопроизведения с помощью трех цветов — красного, зеленого и синего, которые принято называть основными) с цифровой камерой для анализа цвета. Эти устройства анализируют захваченное цифровое изображение для цветного и хроматического анализа. Следовательно, программная интерпретация в значительной степени зависит от качества захваченного изображения, которое по сути и является в этой системе самым слабым звеном. Однако теоретически, при использовании высококачественной стекловолоконной оптики со сложными датчиками, анализ может быть вполне приемлемым [9]. Цифровая фотография применяется в стоматологии главным образом для улучшения коммуникации между стоматологом и зубным техником при работе с традиционными вариантами оттенков [50]. N. Saqib и соавт. проводили *in vitro* исследование с целью сравнения соответствия оттенка зуба с использованием визуального метода (VITA Classical) и метода с использованием цифровой камеры (Sony DSC-W380,

Япония). В работе приняли участие шестеро стоматологов и пятеро ассистентов, по шесть тестовых цветовых стандартов (A1, A2, A3, A3.5, C2 и C3) с заклеенными кодировками были представлены каждому из 11 участников. Данное исследование подтвердило, что лучший выбор цвета зубов может быть сделан с использованием компактных цифровых камер по сравнению с визуальным методом [51]. В исследовании F.D. Jarad и соавт. показано, что цифровую камеру можно с успехом применять в качестве средства для измерения цвета в стоматологической практике [16].

Еще одно клиническое исследование предлагает использование цифровых фотоаппаратов для подбора, коммуникации и передачи оттенков [52]. Например, в результате исследования *in vivo* R. Vivek и соавт. [53] сделаны выводы о том, что:

- 1) цифровая камера может быть использована в качестве цифрового метода для выбора цвета зубов в стоматологических клиниках;
- 2) цифровая камера может улучшить коммуникацию между стоматологом и лабораторией;
- 3) использование цифровой камеры при подборе оттенков позволяет зубным техникам уточнять детали по цвету зуба, форме, морфологии и неровностям поверхностей зубов.

J.S. Miyajiwala и соавт. пришли к выводу, что цифровой метод фотосъемки показал статистически значимую долю совпадений с клиническим спектрофотометром для выбранных в исследовании оттенков. Оттенок правого верхнего центрального резца 50 участников определяли в этой работе с использованием всех трех способов выбора оттенка, а именно визуальный (VITA Classical), спектрофотометрический (VITA Easyshade) и цифровой метод фотосъемки (Canon 500D — однообъективная зеркальная камера с зеркалом (SLR)).

Гибридные устройства (внутриротовые сканеры). В устройство для интраорального сканирования зубных рядов 3Shape Trios RealColor (рис. 8) была введена возможность оценки цвета (рис. 9). Сканер имеет светодиодный источник света, который охватывает визуальный спектр и автоматически измеряет цвет зубов во время сканирования. Информация о цвете объединяется с использованием известной трехмерной геометрии зубов и угла сканирования. Измеренный цвет переводится в систему оттенков VITA Toothguide 3D-Master путем выбора наиболее подходящего оттенка. Информация о цвете может быть передана в зуботехническую лабораторию с файлом скана и подробной информацией о желаемой реставрации. Клинические исследования продемонстрировали совпадения между 3Shape Trios RealColor и спектрофотометром MHT Spectro Shade [54]. В своем *in vivo* исследовании J. Brandt и соавт. зафиксировали, как цвет витальных, естественных 107 образцов центральных резцов визуально определяют стоматологи и зубные техники с помощью расцветки Vitapan Toothguide 3D-Master,



Рис. 8. Сканер 3Shape TRIOS.

цифровым способом с помощью спектрофотометра VITA Easyshade Advance 4.0 и внутриротового сканера TRIOS RealColor. Анализ проводился на основе фиксирования значений по VITA 3D-Master и параметров L^*a^*b / L^*C^*h . Все средние значения зарегистрированных различий в цвете попадали в клинически приемлемый диапазон $\Delta E \leq 6,8$. Внутриротовой сканер достиг совпадения данных в 78,3 % случаев, а VITA Easyshade — в 76,6 %. Вывод: внутриротовой сканер TRIOS Color — серьезная альтернатива визуальному определению цвета зубов [55].

В *in vivo* исследовании W.F. Liberato и соавт. сравнивали три метода определения цвета зубов тремя опытными клиницистами с использованием двух расцветок (VITA Classical и VITA Toothguide 3D-Master с помощью / без помощи корректирующего свет устройства (Smile Lite, Smile Line), внутриротового сканера TRIOS (3Shape) и спектрофотометра VITA Easyshade Advance 4.0. (VITA Zahnfabrik). Инструментальные методы были повторены трижды для получения совпадений. Определялись соответствия оттенков для каждого метода при контролируемом идентичном освещении в средней трети правого верхнего центрального резца верхней челюсти у 28 испытуемых. Выводы исследования показали, что оба аппаратных метода — внутриротовой сканер и спектрофотометр — для выбора цвета зубов были более надежны, чем визуальный метод [56].

В *in vivo* исследовании J. Reyes и соавт. 30 наблюдателей, сгруппированные по профессиональному стажу, троекратно подряд документировали оттенок правого центрального резца верхней челюсти у 10 пациентов при различных условиях освещения (дважды — при обычном освещении в клинике, и один раз при естественном освещении). Эту же процедуру они повторяли с использованием внутриротового сканера. Все оттенки были выбраны на основе расцветки VITA Toothguide 3D-Master. Совпадения каждого наблюдателя и внутриротового сканера ре-



Рис. 9. Изображение с дисплея сканера 3Shape TRIOS после определения цвета зубов.



Рис. 10. Визуальное определение цвета зубов с помощью стандартных расцветок.

гистрировали для каждого измерения цвета (оттенок, насыщенность, светлота). Результаты были таковы: внутриротовой сканер TRIOS показал среднюю повторяемость 86,66 % при совпадении оттенков зубов по сравнению с 75,22 %, достигнутым визуальным методом. Таким образом, было подтверждено превосходство внутриротового сканера 3Shape TRIOS над визуальным методом с точки зрения попадания в цвет в подборе оттенка зубов [57].

H. Moussaoui и соавт. опубликовали обзор, в котором проанализировали три *in vivo* исследования, сравнивающие внутриротовой сканер 3Shape TRIOS с визуальными методами. Результаты этих исследований показали, что внутриротовой сканер TRIOS можно использовать в качестве альтернативы визуальному методу [58].

Существует также мнение, что цифровой внутриротовой сканер не следует использовать в качестве основного метода выбора цвета в клинической практике из-за значительных различий в цветовых параметрах по сравнению с колориметром [59].

Сравнение визуальных и аппаратных результатов при определении цвета зубов. Такое сравнение в стоматологической литературе встречается довольно часто. Некоторые исследования сообщали о лучших результатах для стоматологических спектрофотометров, чем визуальные методы [60–62]. В. Hugo и соавт. проводили *in vivo* исследование с использованием трех устройств: Spectro Shade (MHT Optic Research, Швейцария), Shade Vision (США) и цифровой расцветки DSG4 (ФРГ). Они были сравнены с результатами, полученными глазом человека. В итоге

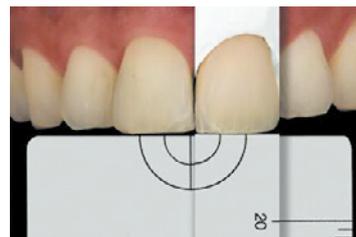


Рис. 11. Использование «серой карты» и поляризационного фильтра для фотографирования и дальнейшей цветопередачи.

человеческий глаз показал более высокий показатель случаев попадания в точный цвет по сравнению с аппаратными определением оттенка зубов. Устройства достигли значения точности только в 28,6 % [63]. Электронные цветоизмерительные приборы имеют потенциал для повышения точности и надежности в подборе цвета зубов. Так, J.-H. Choi и соавт. указывали на существенную разницу в воспроизводимости выбора оттенков между визуальным и аппаратным анализом. Визуальный анализ с использованием VITA Classical и Toothguide 3D-Master и инструментальный анализ с использованием спектрофотометра Shade Pilot (Degudent, ФРГ) проводили в одинаковых условиях, объектами стали 50 верхних центральных резцов [73]. Точность выбора оттенков была выше при аппаратном анализе ($p < 0,05$), а также выявлена значительная разница в значении ΔE между визуальным анализом и аппаратным анализом. Значение ΔE было относительно выше при визуальном анализе ($p < 0,05$). A. Ratzmann и соавт. показали, что визуальные методы могут быть точнее, чем аппаратные [64]. Основное различие между подбором цветов, основанном на визуальных методах и использованием современной цифровой техники заключается в уровне точности [31]. Есть данные, что использование спектрофотометра дает более точные результаты в определении цвета зубов, чем при использовании визуального метода, примерно в 47 % случаев [62]. По сравнению с повторным визуальным методом выбора оттенков, который соответствовал только в 26,6 % случаев, выбор оттенков с помощью спектрофотометра совпал в 83,3 % случаев, тогда как цветовые различия (ΔE^*) между визуально выбранными расцветками и зубами были выше, чем соответствующие различия у спектрофотометрических замеров в 93,3 % случаев [25]. Такие результаты были получены в *in vitro* исследовании в Университете Майнца (ФРГ), где 40 наблюдателей (10 стоматологов, 10 зубных техников, 10 студентов и 10 ассистентов стоматолога) приняли участие для выбора оттенка 10 монокерамических коронок разных оттенков к керамической коронке правого верхнего центрального резца. VITA Easyshade Advance показал лучшие данные по сравнению с визуальным методом выбора оттенка. Доля наблюдателей, которые сопоставили один и тот же оттенок с VITA Classical и VITA 3D-Master, составлял 55 (10) и 43 (12) соответственно, значения VITA Easyshade — 88 (8) для VITA Classical и 92 (4) для VITA 3D-Master (рис. 10) [65]. Ряд исследователей [66–72] продемонстрировал превосходство аппаратных методов определения оттенка по сравнению с визуальными методами, но несмотря на это, есть исследования, утверждающие обратное [40, 63, 64, 73–76].

In vivo исследовании S. Al Saleh и соавт. три клинициста независимо друг от друга выбирали наиболее близкое соответствие правых или левых верхних центральных резцов в контролируемых условиях

просмотра, используя расцветку VITA Classical. Каждый исследуемый центральный резец и 16 образцов от VITA Classical были измерены спектрофотометром VITA Easyshade для определения цветовых параметров по CIELAB и ΔE^* между каждым исследуемым зубом и 16 образцов из расцветки. Сделан вывод, что спектрофотометрический анализ оттенков был более точным по сравнению с оценкой человеческим глазом [68].

J.D. Da Silva и соавт. изготовили 36 металлокерамических коронок на центральный резец верхней челюсти. В клиническом исследовании было показано, что только 8 (22 %) металлокерамических коронок были расценены как удовлетворительные — их оттенок бы выбран визуальными методами, и 28 (77,8 %), когда оттенок выбирался с использованием новой спектрофотометрической системы. Таким образом, коронки, изготовленные с использованием специального спектрофотометра (Crystal Eye, Olympus, Япония), имели лучшее цветовое соответствие и более низкую степени отклонения из-за несоответствия оттенков по сравнению с коронками, изготовленными с помощью обычного метода определения оттенков [60].

Визуальный метод выбора цвета зубов субъективен, и его результаты меняются под влиянием множества различных факторов. Тем не менее он широко распространен, и не стоит его недооценивать [31].

F. Dertilopoulou и соавт. решили оценить качества визуального и спектрофотометрического методов анализа оттенков зубов. Два оператора независимо друг от друга выбирали наиболее подходящие оттенки, используя расцветку Chromascop (Ivoclar/Vivadent). Кроме того, цвет зуба анализировали три раза подряд, используя отражающий спектрофотометр. Спектрофотометрия показала высокие значения совпадений (89,6 %). Визуальная оценка привели к значительно более низким попаданиям в цвет, чем спектрофотометрия ($p < 0005$). Тем не менее положительные результаты были у обеих процедур ($p = 0,548$) [83].

Спектрофотометрическое определение оттенка представляется значительно более точным, чем визуальное. В исследовании W.D. Browning и соавт. сравнили точность расцветки и спектрофотометра VITA Easyshade для трех опытных в отбеливании зубов врачей, давно работающих с Vitapan Toothguide 3D-Master. Передние зубы на верхней челюсти 16 пациентов замеряли в течение 1 мес. по данным CIE $L^*a^*b^*$. Результаты, полученные с помощью VITA Easyshade, были точнее [84].

В исследовании O.E. Pecho и соавт. приняли участие 100 студентов-стоматологов с хорошим цветовым зрением. Спектральную отражательную способность четырех верхних центральных резцов от VITA Classical (VC) и VITA Toothguide 3D-Master (3D) измеряли с помощью спектрофотометра (SP) под источником света D65 (диффузная / 0° геометрия) внутри специального фотобокса с серым фоном. Ко-

ординаты цвета (CIE L*a*b*, L*h*c*) были рассчитаны в соответствии с источником света CIE D65 и CIE 2°. Цветовые координаты верхних центральных резцов также оценивали с использованием стоматологического спектрофотометра (VITA Easyshade Advance). Студенты использовали VC и 3D для визуального выбора наилучшего соответствия оттенков для каждого резца при тех же экспериментальных условиях, которые использовались для оценки спектрофотометром. Три цветовых стандарта (CIELAB, CIEDE2000 (1 : 1 : 1) и CIEDE2000 (2 : 1 : 1)) использовались для расчета лучшего инструментального соответствия оттенков на основе минимальной разницы в цвете. В итоге было показано, что определение оттенка зубов аппаратными методами должно дополнительно подтверждаться визуальной оценкой опытного наблюдателя [77].

В *in vitro* исследовании V. Parameswaran и соавт. 10 экспертов с нормальным цветовым зрением совпали с контрольными цветами, взятыми из двух расцветок — VITA Classical и Vitapan Toothguide 3D-Master, с другими расцветками. Каждый оттенок сопоставляли по 3 раза, чтобы определить повторяемость. Спектрофотометрическое сопоставление оттенков было выполнено двумя независимыми экспертами с использованием спектрофотометра VITA Easyshade с пятью повторами для каждого оттенка. Результаты показали, что визуальный метод имел большую точность, чем спектрофотометр. Спектрофотометр показал значительно лучшее совпадение по сравнению с визуальным методом. Разумное сочетание обеих техник необходимо для достижения успешного и эстетичного результата [78].

Рядом авторов в разное время были описаны многие недостатки применяемых повсеместно стоматологических расцветок [79, 80]. Во-первых, диапазон доступных оттенков в различных расцветках крайне недостаточен, а образцы оттенков расставлены без учета оптической логики [81]. Во-вторых, до

сих пор отсутствуют стандарты и протоколы документирования результатов определения цвета зубов [79]. В-третьих, невозможно перевести результаты, полученные с помощью инструментальных методов, применяемых в стоматологии, в цветовые стандарты самой авторитетной в данной области Международной комиссии по освещению (Commission Internationale de l'Enlclairage) [82]. Несмотря на все эти очевидные недостатки, использование инструментальных методик с помощью принятых расцветок по-прежнему является повсеместно применяемым в стоматологии, на нем основано повсеместное определение цвета в стоматологии [25]. Они обеспечивают быстрое и упрощенное измерение цвета зуба. А успех, в конечном счете, зависит напрямую от уровня мастерства и опыта оператора, которые на деле могут быть очень разными, от правильности фотопротокола в документации цвета (рис. 11) и еще некоторых факторов [16]. Предполагается, что аппаратный анализ цвета зубов потенциально имеет преимущества над инструментальным методом тем, что он более объективен, намного быстрее, удобнее для передачи в лабораторию и оттенок может быть заведомо кодирован в выбранных из рабочего меню расцветках [40]. Кроме того, для аппаратных методов общий свет в рабочем кабинете, время суток, цвет стен и полов, и еще целый ряд факторов, традиционно искажающих цветовосприятие, неактуальны в силу технических особенностей и ввиду ориентации на свой, внутренний источник света. Таким образом, степень точности замера больше будет зависеть при работе с аппаратами от точности самого используемого аппарата [46, 61, 76].

В завершение надо отметить, что аппаратные методики определения цвета зубов нельзя признать на 100 % точными, и наиболее логично было бы использовать обе группы методик — и визуальную и аппаратную — для уточнения предполагаемого оттенка зуба (табл. 1–2).

Т а б л и ц а 1

Исследования, подтверждающие, что аппаратные методы лучше визуальных методов определения цвета

№	Авторы	Год публикации	Город	Страна	Дизайн исследования	Методики
Исследования, делающие заключения, что аппаратные методы лучше визуальных методов определения цвета						
1	Igiel, и соавт.	2016	Сидней	Австралия	<i>In vivo</i>	Виз (VC) Спек (SP), (CE) Кол (SV)
2	Alshiddi, и соавт.	2015	Аделаида	Австралия	<i>In vivo</i>	Виз (V-3D) Спек (ES)
3	Igiel, и соавт.	2017	Майнц	ФРГ	<i>In vitro</i>	Виз (VC) Спек (ES)
4	Paul, и соавт.	2002	Цюрих	Швейцария	<i>In vivo</i>	Виз (VC) Спек (ref.SP)
5	Da Silva, и соавт	2008	Гарвард	США	<i>In vivo</i>	Виз (V-3D) Спек (Crystaleye)
6	Derdilopoulou, и соавт.	2007	Берлин	ФРГ	<i>In vivo</i>	Виз (Chr-CO) Спек (ref.sp)
7	Miyajiwala, и соавт.	2017	Махараштра	Индия	<i>In vivo</i>	Виз (VC) Спек (ES)
8	AlSaleh, и соавт.	2012	Джедда	Саудовская Аравия	<i>In vivo</i>	Цифровая камера Canon 500D Виз (VC)

№	Авторы	Год публикации	Город	Страна	Дизайн исследования	Методики
9	Browning, и соавт.	2009	Индиана	США	<i>In vivo</i>	Спек (ES) Виз (V-3D)
11	Todorovic, и соавт.	2013	Белград	Сербия	<i>In vitro</i>	Спек (ES)
12	Kröger, и соавт.	2015	Мюнстер	ФРГ	<i>In vitro</i>	Спек (ES) Виз (VC) Спек (SP)
13	Ozat, и соавт.	2013	Испарта	Турция	<i>In vivo</i>	Виз (V-3D) Спек (ES)
14	LI, Q и соавт.	2009	Ухань	Китай	<i>In vivo</i>	Виз (VC) Виз (V-3D) Виз (Chr-CO)
15	Fani G, и соавт.	2007	Сиена	Италия	<i>In vivo</i>	Виз (V-3D) Спек SpectroShade
Исследования, делающие заключения, что визуальные методы лучше аппаратных методов определения цвета						
1	Parameswaran, и соавт.	2016	Керала	Индия	<i>In vitro</i>	Спек (ES) Виз (VC) Виз (V-3D)
2	Jee-Ha Choi, и соавт.	2010	Чунджу	Южная Корея	<i>In vivo</i>	Виз (VC) Виз (V-3D) Спек (SP)
3	Yilmaz, и соавт.	2011	Анкара	Турция	<i>In vitro</i>	Виз (VC) Кол (ShadeEye NCC)
4	Hugo B.	2005	Вюрцбург	ФРГ	<i>In vivo</i>	Цифровая расцветка DSG4 кол (SV), Spectroshade, МНТ)
5	Ratzmann A.	2011	Грайфсвальд	ФРГ	<i>In vivo</i>	Спек Shade Inspector Виз (VC) Виз (V-3D)
Исследования, рекомендующие цифровые камеры и внутриротовые сканеры в качестве оптимальных методов определения цвета зубов						
	Yoon, и соавт.	2016	Сеул	Южная Корея	<i>In vitro</i>	сканер TRIO 3Shape Кол (ShadeEye)
	Gotfredsen, и соавт.	2015	Копенгаген	Дания	<i>In vivo</i>	сканер TRIO 3Shape Спек (SP)
	Saqib, и соавт.	2019	Карачи	Пакистан	<i>In vitro</i>	Виз (VC) цифровой камеры (Sony DSC-W380)
	Russell, и соавт.	2005	Ливерпуль	Великобритания	<i>In vivo</i>	Цифровая камера Nikon Coolpix Виз (VC)
	Liberato, и соавт.	2018	Флуминенсе	Бразилия	<i>In vivo</i>	сканер TRIOS 3Shape Виз (VC) Виз (V-3D) Спек (ES)
	Lasserre, и соавт.	2011	Бордо	Франция	<i>In vivo</i>	внутриротовая камера Sopro 7171 Виз (V-3D) Спек (ES)
	Brandt, и соавт.	2017	Франкфурт	ФРГ	<i>In vivo</i>	Сканер (TRIOS Color) Виз (V-3D) Спек (ES)
	Vivek, и соавт.	2013	Уттар-Прадеш	Индия	<i>In vivo</i>	Цифровая камера (Sony H10)
	Reyes, и соавт.	2019	Мадре и Маэстра	Доминиканская Республика	<i>In vivo</i>	сканер TRIOS 3Shape Виз (VC)
	Moussaoui, и соавт.	2018	Касабланка	Марокко	<i>In vivo</i>	сканер TRIOS 3Shape Виз (VC) Виз (V-3D)
	Miyajiwala и соавт.	2017	Махараштра	Индия	<i>in vivo</i>	Виз (VC) Спек (ES) Цифровая камера Canon 500D
	AlSaleh и соавт.	2012	Джедда	Саудовская Аравия	<i>in vivo</i>	Виз (VC) Спек (ES)
	Browning, и соавт.	2009	Индиана	США	<i>in vivo</i>	Виз (V-3D) Спек (ES)
	Todorovic и соавт.	2013	Белград	Сербия	<i>in vitro</i>	Спек (ES)
	Kröger и соавт.	2015	Мюнстер	ФРГ	<i>in vitro</i>	Виз (VC) Спек (SP)
	Ozat и соавт.	2013	Испарта	Турция	<i>in vivo</i>	Виз (V-3D) Спек (ES)
	Da Silva и соавт.	2008	Гарвард	США	<i>in vivo</i>	Виз (V-3D) Спек (Crystaleye)
	Derdilopoulou, и соавт.	2007	Берлин	ФРГ	<i>in vivo</i>	Виз (Chr-CO) Спек (ref.sp)
	Igiel и соавт.	2016	Сидней	Австралия	<i>in vivo</i>	Виз (VC) Спек (SP), (CE) Кол (SV)
	Alshiddi и соавт.	2015	Аделаида	Австралия	<i>in vivo</i>	Виз (V-3D) Спек (ES)

№	Авторы	Год публикации	Город	Страна	Дизайн исследования	Методики
	Igiel и соавт.	2017	Майнц	ФРГ	<i>in vitro</i>	Виз (VC) Спек (ES)
	Paul и соавт.	2002	Цюрих	Швейцария	<i>in vivo</i>	Виз (VC) Спек (ref.SP)

Т а б л и ц а 2

Исследования, подтверждающие, что визуальные методы лучше аппаратных методов определения цвета

Авторы	Год публикации	Город	Страна	Дизайн исследования	Методики
Parameswaran, et al.	2016	Керала	Индия	<i>in vitro</i>	Спек (ES) Виз (VC) Виз (V-3D)
Jee-Ha Choi et al.	2010	Чунджу	Южная Корея	<i>in vivo</i>	Виз (VC) Виз (V-3D) Спек (SP)
Yilmaz, et al.	2011	Анкара	Турция	<i>in vitro</i>	Виз (VC) Кол (ShadeEye NCC)
Hugo B	2005	Вюрцбург	ФРГ	<i>in vivo</i>	Цифровая расцветка DSG4 кол (SV), Spectroshade, МНТ)
Ratzmann A.	2011	Грайфсвальд	ФРГ	<i>in vivo</i>	Спек Shade Inspector Виз (VC) Виз (V-3D)
Yoon, et al.	2016	Сеул	Южная Корея	<i>in vitro</i>	сканер TRIO 3Shape Кол (ShadeEye)
Gotfredsen, et al.	2015	Копенгаген	Дания	<i>in vivo</i>	сканер TRIO 3Shape Спек (SP)
Saqib, et al.	2019	Карачи	Пакистан	<i>in vitro</i>	Виз (VC) цифровой камеры (Sony DSC-W380)
Russell, et al.	2005	Ливерпуль	Великобритания	<i>in vivo</i>	Цифровая камера Nikon Coolpix Виз (VC)
Liberato, et al.	2018	Флуминенсе	Бразилия	<i>in vivo</i>	сканер TRIOS 3Shape Виз (VC) Виз (V-3D)
Lasserre, et al.	2011	Бордо	Франция	<i>in vivo</i>	Спек (ES) внутриротовая камера Sopro 7171 Виз (V-3D)
Brandt, et al.	2017	Франкфурт	ФРГ	<i>in vivo</i>	Спек (ES) Сканер (TRIOS Color) Виз (V-3D)
Vivek, et al.	2013	Уттар-Прадеш	Индия	<i>in vivo</i>	Спек (ES) Цифровая камера (Sony H10)
Reyes, et al.	2019	Мадре и Маэстра	Доминиканская Республика	<i>in vivo</i>	сканер TRIOS 3Shape Виз (VC)
Moussaoui, et al.	2018	Касабланка	Марокко	<i>in vivo</i>	сканер TRIOS 3Shape Виз (VC) Виз (V-3D)

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Spear F.M., Kokich V.G. A multidisciplinary approach to esthetic dentistry // *Dent Clin North Am.* 2007. Vol. 51. N 2. P. 487–505, x-xi. doi: 10.1016/j.cden.2006.12.007.
2. Sikri V.K. Color: implications in dentistry // *J Conserv Dent.* 2010. Vol. 13. N 4. P. 249–255. doi: 10.4103/0972-0707.73381.
3. McLaren E.A. Shade analysis and communication - essential aspect of evaluating and communicating tooth color in practice // *Inside Dentistry.* 2010. Vol. 6. P. 58–67.
4. Brewer J.D., Wee A., Seghi R. Advances in color matching // *Dent Clin North Am.* 2004. Vol. 48. N 2. P. 341–358. doi: 10.1016/j.cden.2004.01.004.
5. Chu S.J. Clinical steps to predictable color management in aesthetic restorative dentistry // *Dent Clin North Am.* 2007. Vol. 51. N 2. P. 473–485, x. doi: 10.1016/j.cden.2007.02.004.
6. Chu S.J., Trushkowsky R.D., Paravina R.D. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects // *J Dent.* 2010. Vol. 38. Suppl 2. P. e2–16. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.001.
7. Lee K.Y., Setchell D., Stokes A., Moles D.R. Brightness (value) sequence for the Vita Lumin Classic shade guide reassessed // *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2005. Vol. 13. N 3. P. 115–118.
8. Kaiser M., Wasserman A., Strub J.R. Long-term clinical results of VI-TA In-Ceram Classic: a systematic review // *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2006. Vol. 116. N 2. P. 120–128. (in German).
9. Irfan A. Protocols for Predictable Aesthetic Dental Restorations. Hoboken : Blackwell Publishing, 2006.
10. Ahn J.S., Lee Y.K. Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale // *J Prosthet Dent.* 2008. Vol. 100. N 1. P. 18–28. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60129-8.
11. Paravina R.D., Johnston W.M., Powers J.M. New shade guide for evaluation of tooth whitening —colorimetric study // *J Esthet Restor Dent.* 2007. Vol. 19. N 5. P. 276–283; discussion 283. doi: 10.1111/j.1708-8240.2007.00118_1.x.
12. Paravina R.D., Ghinea R., Herrera L.J., et al. Color difference thresholds in dentistry // *J Esthet Restor Dent.* 2015. Vol. 27 Suppl 1. P. S1–9. doi: 10.1111/jerd.12149.

13. Dozic A., Kleverlaan C.J., El-Zohairy A., et al. Performance of five commercially available tooth color measuring devices // *J Prosthodont.* 2007. Vol. 16. N 2. P. 93–100. doi: 10.1111/j.1532-849X.2007.00163.x.
14. Paravina R.D. Evaluation of a newly developed visual shade matching apparatus // *Int J Prosthodont.* 2002. Vol. 15. N 6. P. 528–534.
15. Paravina R.D., Majkic G., Imai F.H., Powers J.M. Optimization of tooth color and shade guide design // *J Prosthodont.* 2007. Vol. 16. N 4. P. 269–276. doi: 10.1111/j.1532-849X.2007.00189.x.
16. Jarad F.D., Russell M.D., Moss B.W. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry // *Br Dent J.* 2005. Vol. 199. N 1. P. 43–49; discussion 33. doi: 10.1038/sj.bdj.4812559.
17. Corcodel N., Rammelsberg P., Jakstat H., et al. The linear shade guide design of Vita 3D-Master performs as well as the original design of the Vita 3D-master // *J Oral Rehabil.* 2010. Vol. 37. N 11. P. 860–865. doi: 10.1111/j.1365-2842.2010.02120.x.
18. Vafae F., Rakhshan V., Vafaei M., Khoshhal M. Accuracy of shade matching performed by colour blind and normal dental students using 3D-Master and Vita Lumin shade guides // *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2012. Vol. 20. N 1. P. 23–25.
19. Marcucci B. A shade selection technique // *J Prosthet Dent.* 2003. Vol. 89. N 5. P. 518–521. doi: 10.1016/s0022-3913(03)00076-3.
20. Analoui M., Papkosta E., Cochran M., Matis B. Designing visually optimal shade guides // *J Prosthet Dent.* 2004. Vol. 92. N 4. P. 371–376. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.06.028.
21. Paul S.J., Peter A., Rodoni L., Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison // *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004. Vol. 24. N 3. P. 222–231.
22. Horn D.J., Bulan-Brady J., Hicks M.L. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade // *J Endod.* 1998. Vol. 24. N 12. P. 786–790. doi: 10.1016/S0099-2399(98)80002-2.
23. Lagouvardos P.E., Fougia A.G., Diamantopoulou S.A., Polyzois G.L. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color // *J Prosthet Dent.* 2009. Vol. 101. N 1. P. 40–45. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60289-9.
24. Al-Hamdan E.M., Hammad I.A., Tashkandi E. Evaluation of color duplication in metal-ceramic complexes using visual and instrumental shade-matching systems // *Int J Prosthodont.* 2010. Vol. 23. N 2. P. 149–151.
25. Paul S., Peter A., Pietrobon N., Hammerle C.H. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth // *J Dent Res.* 2002. Vol. 81. N 8. P. 578–582. doi: 10.1177/154405910208100815.
26. Chu S., Paravina R., Sailer I., Mieszko A. Color in dentistry. Batavia: Quintessence publishing, 2017. 256 p.
27. van der Burgt T.P., ten Bosch J.J., Borsboom P.C., Kortsmid W.J. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color // *J Prosthet Dent.* 1990. Vol. 63. N 2. P. 155–162. doi: 10.1016/0022-3913(90)90099-x.
28. Lim H.N., Yu B., Lee Y.K. Spectroradiometric and spectrophotometric translucency of ceramic materials // *J Prosthet Dent.* 2010. Vol. 104. N 4. P. 239–246. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60131-X.
29. Douglas R.D. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth // *J Prosthet Dent.* 1997. Vol. 77. N 5. P. 464–470. doi: 10.1016/s0022-3913(97)70137-9.
30. Hassel A.J., Koke U., Schmitter M., et al. Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations // *Int J Prosthodont.* 2005. Vol. 18. N 5. P. 422–426.
31. Ishikawa-Nagai S., Ishibashi K. Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations // *J Prosthet Dent.* 2005. Vol. 93. N 2. P. 129–137. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.10.024.
32. Ishikawa-Nagai S., Sato R., Furukawa K., Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 1: Application of CCM to the opaque layer // *Int J Prosthodont.* 1992. Vol. 5. N 6. P. 495–502.
33. Ishikawa-Nagai S., Sato R.R., Shiraishi A., Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 3: A newly developed spectrophotometer designed for clinical application // *Int J Prosthodont.* 1994. Vol. 7. N 1. P. 50–55.
34. Ishikawa-Nagai S., Sawafuji F., Tsuchitani H., et al. Using a computer color-matching system in color reproduction of stratiform-layered porcelain samples // *Int J Prosthodont.* 1993. Vol. 6. N 6. P. 522–527.
35. Trushkowsky R.D. How a spectrophotometer can help you achieve esthetic shade matching // *Compend Contin Educ Dent.* 2003. Vol. 24. N 1. P. 60–66.
36. Freedman G. Communicating color // *Dent Today.* 2001. Vol. 20. N 9. P. 76–80.
37. Corcodel N., Zenthöfer A., Setz J., et al. Estimating costs for shade matching and shade corrections of fixed partial dentures for dental technicians in Germany: a pilot investigation // *Acta Odontol Scand.* 2011. Vol. 69. N 5. P. 319–320. doi: 10.3109/00016357.2011.568964.
38. Kielbassa A.M., Beheim-Schwarzbach N.J., Neumann K., et al. In vitro comparison of visual and computer-aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures // *J Prosthet Dent.* 2009. Vol. 101. N 2. P. 92–100. doi: 10.1016/S0022-3913(09)60001-9.
39. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature // *J Dent.* 2004. Vol. 32 Suppl 1. P. 3–12. doi: 10.1016/j.jdent.2003.10.013.
40. Okubo S.R., Kanawati A., Richards M.W., Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching // *J Prosthet Dent.* 1998. Vol. 80. N 6. P. 642–648. doi: 10.1016/s0022-3913(98)70049-6.
41. Jahanbin A., Basafa M., Moazzami M., et al. Color stability of enamel following different acid etching and color exposure times // *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2014. Vol. 8. N 2. P. 67–70. doi: 10.5681/joddd.2014.012.
42. Yap A.U., Sim C.P., Loh W.L., Teo J.H. Human-eye versus computerized color matching // *Oper Dent.* 1999. Vol. 24. N 6. P. 358–363.
43. Swift E.J. Jr, Hammel S.A., Lund P.S. Colorimetric evaluation of Vita shade composites // *Int J Prosthodont.* 1994. Vol. 7. N 4. P. 356–361.
44. Dancy W.K., Yaman P., Dennison J.B., et al. Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns // *J Esthet Restor Dent.* 2003. Vol. 15. N 2. P. 114–121; discussion 122. doi: 10.1111/j.1708-8240.2003.tb00327.x.
45. Tung F.F., Goldstein G.R., Jang S., Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter // *J Prosthet Dent.* 2002. Vol. 88. N 6. P. 585–590. doi: 10.1067/mpd.2002.129803.
46. Kim-Pusateri S., Brewer J.D., Davis E.L., Wee A.G. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices // *J Prosthet Dent.* 2009. Vol. 101. N 3. P. 193–199. doi: 10.1016/S0022-3913(09)60028-7.
47. Lavouvardos P.E., Fougia A.G., Diamantopoulou S.A., Polyzois G.L. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color // *J Prosthet Dent.* 2009. Vol. 101. N 1. P. 40–45. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60289-9.
48. Klementi E., Matela A.M., Haag P., Kononen M. Shade selection performed by novice dental professionals and colorimeter // *J Oral Rehabil.* 2006. Vol. 33. N 1. P. 31–35. doi: 10.1111/j.1365-2842.2006.01531.x.
49. Knosel M., Attin R., Jung K., et al. Digital image color analysis compared to direct dental CIE colorimeter assessment under different ambient conditions // *Am J Dent.* 2009. Vol. 22. N 2. P. 67–72.
50. Patent US 6,190,170 B1. 20 February 2001. Morris A.C., Mabrito C.A., Roberts M.R. Automated tooth shade analysis and matching system.
51. Saqib N., Farhan R.K., Palwasha B. Comparison of tooth shade matching using visual and digital camera methods // *Pakistan Oral & Dental Journal.* 2019. Vol. 39. N 2.
52. McIntyre F.M. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry // *Yearbook of Dentistry.* 2007. P. 50–51. doi: 10.1016/s0084-3717(08)70336-2.
53. Vivek R., Singh A., Soni R., et al. Conventional and digitally assisted shade matching — a comparative study // *Indian Journal of Dentistry.* 2013. Vol. 4. N 4. P. 191–199. doi: 10.1016/j.ijd.2012.11.009.
54. Gotfredsen K., Gram M., Ben Brahem E., et al. Effectiveness of shade measurements using a scanning and computer software system: a pilot study // *Int J Oral Dent Health.* 2015. Vol. 1. N 2. P. 1–4. doi: 10.23937/2469-5734/1510008.
55. Brandt J., Nelson S., Lauer H.C., et al. In vivo study for tooth colour determination—visual versus digital // *Clin Oral Investig.* 2017. Vol. 21. N 9. P. 2863–2871. doi: 10.1007/s00784-017-2088-0.
56. Liberato W.F., Barreto I.C., Costa P.P., et al. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: a clinical study // *J Prosthet Dent.* 2019. Vol. 121. N 2. P. 271–275. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.05.004.
57. Reyes J., Acosta P., Ventura D. Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching // *Heliyon.* 2019. Vol. 5. N 7. P. e02100. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02100.

ОБЗОРЫ

58. *Moussaoui H., Mdaghri M., Gouma A., Bennani B.* Accuracy, repeatability and reproducibility of digital intraoral scanner for shade selection: current status of the literature // *Oral Health Dental Sci.* 2019. Vol. 3. N 1. P. 1–6. doi: 10.33425/2639-9490.1029.
59. *Yoon H.I., Bae J.W., Park J.M., et al.* A study on possibility of clinical application for color measurements of shade guides using an intraoral digital scanner // *J Prosthodont.* 2018. Vol. 27. N 7. P. 670–675. doi: 10.1111/jopr.12559.
60. *Da Silva J.D., Park S.E., Weber H.P., Ishikawa-Nagai S.* Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction // *J Prosthet Dent.* 2008. Vol. 99. N 5. P. 361–368. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60083-9.
61. *Gehrke P., Riekeberg U., Fackler O., Dhom G.* Comparison of in vivo visual, spectrophotometric and colorimetric shade determination of teeth and implant-supported crowns // *Int J Comput Dent.* 2009. Vol. 12. N 3. P. 247–263.
62. *Fani G., Vichi A., Davidson C.L.* Spectrophotometric and visual shade measurements of human teeth using three shade guides // *Am J Dent.* 2007. Vol. 20. N 3. P. 142–146.
63. *Hugo B., Witzel T., Klaiber B.* Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination // *Clin Oral Investig.* 2005. Vol. 9. N 4. P. 244–250. doi: 10.1007/s00784-005-0014-3.
64. *Ratzmann A., Treichel A., Langforth G., et al.* Experimental investigations into visual and electronic tooth color measurement // *Bio-medizinische Tech.* 2011. Vol. 56. N 2. P. 115–122. doi: 10.1515/BMT.2011.008.
65. *Igiel C., Lehmann K.M., Ghinea R., et al.* Reliability of visual and instrumental color matching // *J Esthet Restor Dent.* 2017. Vol. 29. N 5. P. 303–308. doi: 10.1111/jerd.12321.
66. *Igiel C., Weyhrauch M., Wentaschek S., et al.* Dental color matching: a comparison between visual and instrumental methods // *Dent Mater J.* 2016. Vol. 35. N 1. P. 63–69. doi: 10.4012/dmj.2015-006.
67. *Alshiddi I., Richards L.* A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students // *Austr Dent J.* 2015. Vol. 60. N 2. P. 176–181. doi: 10.1111/adj.12311.
68. *AlSaleh S., Labban M., AlHariri M., Tashkandi E.* Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means // *J Dent.* 2012. Vol. 40 Suppl 1. P. e82–87. doi: 10.1016/j.jdent.2012.01.009.
69. *Miyajiwala J.S., Kheur M.G., Patankar A.H., Lakha T.A.* Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: a clinical evaluation // *J Indian Prosthodont Soc.* 2017. Vol. 17. N 3. P. 273–281. doi: 10.4103/jips.jips_342_16.
70. *Todorovic A., Todorovic A., Spadijer-Gostovic A., et al.* Reliability of conventional shade guides in teeth color determination // *Vojnosanit Pregl.* 2013. Vol. 70. N 10. P. 929–934. doi: 10.2298/vsp110513019t.
71. *Kröger E., Matz S., Dekiff M., et al.* In vitro comparison of instrumental and visual tooth shade determination under different illuminants // *J Prosthet Dent.* 2015. Vol. 114. N 6. P. 848–855. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.06.004.
72. *Özat P.B., Tuncel İ., Eroğlu E.* Repeatability and reliability of human eye in visual shade selection // *J Oral Rehabil.* 2013. Vol. 40. N 12. P. 958–964. doi: 10.1111/joor.12103.
73. *Choi J.H., Park J.M., Ahn S.G., et al.* Comparative study of visual and instrumental analyses of shade selection // *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci Ed.* 2010. Vol. 25. N 1. P. 62–67.
74. *Yilmaz B., Özcelik T.B., Wee A.G.* Effect of repeated firings on the color of opaque porcelain applied on different dental alloys // *J Prosthet Dent.* 2009. Vol. 101. N 6. P. 395–404. doi: 10.1016/S0022-3913(09)60085-8.
75. *Cal E., Sonugelen M., Guneri P., et al.* Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides // *J Oral Rehabil.* 2004. Vol. 31. N 5. P. 483–491. doi: 10.1111/j.1365-2842.2004.01197.x.
76. *Lehmann K.M., Devigus A., Igiel C., et al.* Repeatability of color-measuring devices // *Eur J Esthet Dent.* 2011. Vol. 6. N 4. P. 428–435.
77. *Pecho O.E., Ghinea R., Alessandretti R., et al.* Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas // *Dent Mater.* 2016. Vol. 32. N 1. P. 82–92. doi: 10.1016/j.dental.2015.10.015.
78. *Parameswaran V., Anilkumar S., Lylajam S., et al.* Comparison of accuracies of an intraoral spectrophotometer and conventional visual method for shade matching using two shade guide systems // *J Indian Prosthodont Soc.* 2016. Vol. 16. N 4. P. 352–358. doi: 10.4103/0972-4052.176537.
79. *Van der Burg T.P., Bosch J.J., Borsboom P.C., Plasschaert A.J.* A new method for matching tooth colors with colors standards // *J Dent Res.* 1985. Vol. 64. N 5. P. 837–841. doi: 10.1177/00220345850640051101.
80. *Witkowski S., Yajima N.D., Wolkewitz M., Strub J.R.* Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer // *Clin Oral Investig.* 2012. Vol. 16. N 3. P. 945–949. doi: 10.1007/s00784-011-0590-3.
81. *Sproull R.C.* Color matching in dentistry. I. The three-dimensional nature of color // *J Prosthet Dent.* 1973. Vol. 29. N 4. P. 416–424. doi: 10.1016/s0022-3913(73)80019-8.
82. *Seghi R.R., Hewlett E.R., Kim J.* Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain // *J Dent Res.* 1989. Vol. 68. N 12. P. 1760–1764. doi: 10.1177/00220345890680120801.
83. *Derdilopoulou F., Zantner C., Neumann K., Kielbassa A.* Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3,758 teeth // *Int J Prosthodont.* 2007. Vol. 20. N 4. P. 414–416.
84. *Browning W.D., Chan D.C., Blalock J.S., Brackett M.G.* A comparison of human raters and an intra-oral spectrophotometer // *Oper Dent.* 2009. Vol. 34. N 3. P. 337–343. doi: 10.2341/08-106.

Поступила 12.07.2020
Принята к печати 17.08.2020