

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТА ЗУБОВ В КЛИНИКЕ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2014

УДК 616.314-008.813-089.23(075.8)

ББК 56.6 я73

О-60

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 29.05.2013 г., протокол № 9

А в т о р ы: д-р мед. наук, проф. С. А. Наумович; канд. эконом. наук, ассист. И. С. Полоник; канд. мед. наук, доц. Т. В. Крушина; канд. мед. наук, доц. А. Ю. Круглик; ассист. Д. М. Полховский

Р е ц е н з е н т ы: д-р мед. наук, проф. Т. Н. Терехова; канд. мед. наук, доц. А. Г. Третьякович

Авторы хотят поблагодарить представителей компании «VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG» господина Imre von Ugron, господина Wolfgang Gomolla и госпожу Maria Fridman за предоставленную информацию и возможность ознакомиться и поработать с компьютерной учебной программой Toothguide Training и учебным комплексом Toothguide Training Box.

Определение цвета зубов в клинике ортопедической стоматологии : учеб.-О-60 метод. пособие / С. А. Наумович [и др.]. – Минск : БГМУ, 2014. – 59 с.

ISBN 978-985-528-968-6.

Посвящено рассмотрению основных понятий природы цвета, основ восприятия цвета, существующих методик определения цвета зубов при изготовлении ортопедических конструкций. Обсуждаются вопросы, касающиеся особенностей применения визуальных и аппаратурных методов определения цвета зубов.

Предназначено для студентов 3–5-го курсов стоматологического факультета, клинических ординаторов, аспирантов и врачей-интернов.

УДК 616.314-008.813-089.23(075.8)

ББК 56.6 я73

ISBN 978-985-528-968-6

© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2014

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Тема занятия: «Ортопедическое лечение дефектов коронок зубов искусственными коронками. Ортопедическое лечение дефектов зубных рядов мостовидными протезами». Изучается в рамках дисциплины «Ортопедическая стоматология» в темах «Патология твердых тканей зуба» и «Ортопедическое лечение при частичном отсутствии зубов».

Общее время занятий:

- в V семестре — 25 + 40 ч;
- в X семестре — 17 + 26 ч.

В практике современной стоматологии в связи с возросшими эстетическими требованиями пациентов одними из факторов, определяющих успех протезирования керамическими и металлокерамическими конструкциями, являются правильное, точное определение цвета зубов и его воссоздание. Это позволяет достичь высокого эстетического качества ортопедических конструкций, сократить случаи дорогостоящего повторного протезирования, что в свою очередь уменьшит затратную часть по выполнению гарантийных обязательств, а также максимально сократит число конфликтных ситуаций и увеличит степень удовлетворенности результатом. Если каждая единица зубного протеза будет выглядеть как естественный зуб, то это восстановит эстетический вид всей полости рта и улучшит внешний облик пациента, а также будет способствовать нормализации общего состояния здоровья за счет обретения им утраченного чувства уверенности в себе и восстановления душевного равновесия.

Проблема определения цвета зубов в связи с дисколоритом вследствие различных факторов, по мнению А. Какар (2004), возникла около 100 лет назад. Об этом свидетельствует одна из первых публикаций, устанавливающая общие основы измерения цвета (В. Clark, 1921). Позже другие авторы, такие как S. Sproull (1973), V. Billmeyer и S. Saltzman (1967), L. Munsel (1961), R. Preston и I. Bergen (1980), L. Nakagawa et al. (1975) и Y. Yamamoto (1972), улучшили понимание сложности механизмов, лежащих в основе восприятия цвета.

Согласно статистическим данным, при опросе 162 врачей-стоматологов и 178 зубных техников 37 % из них называют проблематичным определение цвета зубов, 58 % специалистов считают, что верно определяют цвет зубов в большинстве случаев, а 5 % — удовлетворены результатом своей работы всегда (M. Yamamoto, 1998; G. Henning, R. M. Lohmiller, 2003).

В результате проведенного опроса стоматологов-ортопедов и зубных техников в Республике Беларусь 28,75 % респондентов отметили, что всегда проблематично определение цвета зубов, для 53,75 % — в большинстве случаев проблематично, 17,5 % считают, что всегда правильно определяют цвет зубов. Однако преодолеть трудности при выборе цвета

в эстетической стоматологии можно, только познав науку и искусство цвета. Это довольно сложная задача, так как понятие цвета абстрактное по существу и окончательно запутывается в переплетении визуальных и научных составляющих, а также следует отметить, что ранее не уделялось большое внимание обучению определения цвета зубов. Поэтому в настоящем учебно-методическом пособии рассматриваются основные понятия природы цвета, основы его восприятия, существующие методы определения цвета зубов при изготовлении ортопедических конструкций, которые составляют две большие группы: визуальные и аппаратурные.

Цель занятия: изучить различные методики определения цвета зубов при протезировании с использованием искусственных коронок и мостовидных протезов.

Задачи занятия. Студенту необходимо *знать*:

1. Биофизические основы цветовосприятия человека. Спектры чувствительности рецепторов, явление метамерии.
2. Световые характеристики эмали и дентина зубов.
3. Методы определения цвета зубов в стоматологии.
4. Источники освещения и инструменты, предназначенные для определения цвета в стоматологии.
5. Факторы, влияющие на точность определения цвета зубов.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного освоения темы студенту необходимо повторить:

- *анатомию человека*: строение глазного яблока и зрительного нерва, форму и строение зубов;
- *физиологию человека*: функционирование зрительного анализатора, виды рецепторов;
- *медицинскую и биологическую физику*: характеристики световых волн, спектральные составы солнечного и искусственного света, эффекты отражения, преломления, поглощения, флуоресценции.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Анатомическое строение фронтальных зубов верхней челюсти.
2. Какие длины волн воспринимаются нами как красный, синий и зеленый цвета?
3. Какие рецепторы воспринимают сумеречный свет?
4. В чем отличие спектров прямого солнечного света от света при облачности?
5. Какой свет вызывает флуоресценцию?

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Назовите стандартную для стоматологии температуру цвета в облачный полдень.
2. Какой цветовой параметр имеет решающее значение при восприятии цвета человеком?

3. Какой оттенок имеют 80 % человеческих зубов?
4. Какая зубная ткань флуоресцирует?
5. Какая интенсивность освещения приемлема для определения цвета (назовите верхнюю и нижнюю границы)?
6. Какая продолжительность всматривания приводит к снижению восприятия цветов?

ПОНЯТИЕ ЦВЕТА

ПРИРОДА ЦВЕТА

Современное понимание цвета берет свое начало в XV столетии, когда Исаак Ньютон открыл спектральную природу света и разбил непрерывный спектр на семь цветов.

Чтобы увидеть весь спектр оттенков солнечного света, необходимо разложить белый цвет с помощью призмы. Глаз человека может воспринимать приблизительно 40 % цветовых волн, которые содержатся в солнечном свете. Непрерывный спектр цветов можно наблюдать на дифракционной решетке. Хорошей демонстрацией спектра является природное явление радуги. Во время дождя капли воды служат естественными призмами. Когда солнечный свет падает на них, каждая из различных волн преломляется под другим углом — таким образом возникает радуга. Она состоит из «октавы света» и включает в свой состав семь известных основных цветов (рис. 1, табл. 1).

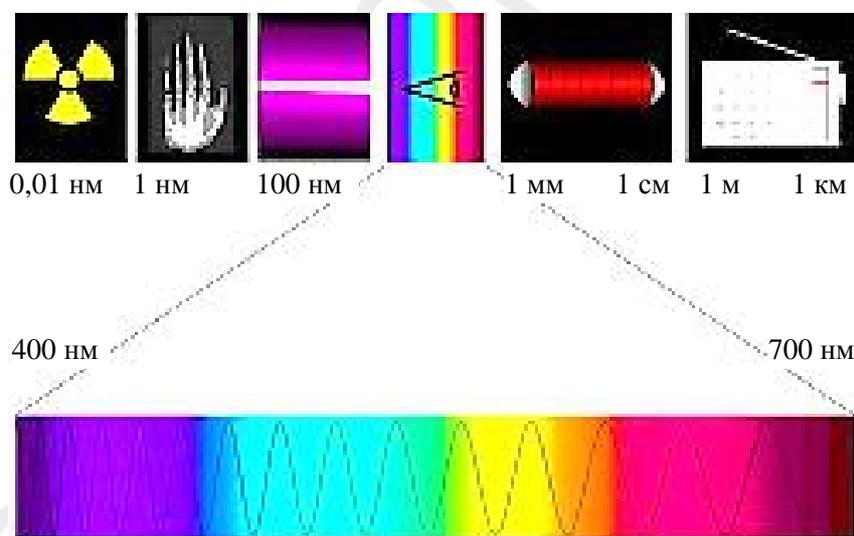


Рис. 1. Видимый спектр — часть всего электромагнитного излучения

В каждой части видимого спектра имеется много волн различной длины. За видимым фиолетовым расположен ультрафиолетовый цвет — электромагнитные волны, имеющие увеличенную частоту. Так как длина волн далее постепенно сокращается, завершают эту часть спектра рентгеновские и гамма-лучи.

В противоположной части спектра за красным цветом находится инфракрасный — электромагнитные лучи с увеличением длины волны и снижением частоты; завершают эту часть спектра радиоволны.

Таблица 1

Физические характеристики видимого света

Цвет	Диапазон		
	длин волн, нм	частот, ТГц	энергии фотонов, эВ
Красный	625–740	405–480	1,68–1,98
Оранжевый	590–625	480–510	1,98–2,10
Желтый	565–590	510–530	2,10–2,19
Зеленый	500–565	530–600	2,19–2,48
Голубой	485–500	600–620	2,48–2,56
Синий	440–485	620–680	2,56–2,82
Фиолетовый	380–440	680–790	2,82–3,26

Если расположить все цвета видимого спектра по кругу, то получается колесо цвета (рис. 2). При детальном рассмотрении можно увидеть, что определенные цвета расположены друг против друга — каждый цвет имеет дополняющий, или противоположащий, цвет. Таким образом, в колесе находятся три дополняющие друг друга пары. Точно так же, как притягиваются положительное и отрицательное магнитные поля, притягиваются дополняющие цвета. Колесо цвета демонстрирует графическую взаимосвязь между тремя основными цветами: красным, зеленым и синим, и тремя дополнительными: циановым (сине-зеленым), пурпурным и желтым.

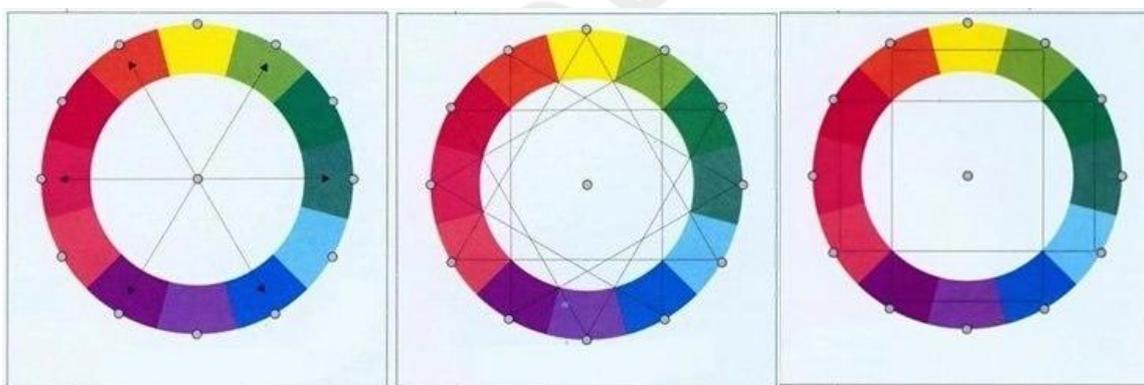


Рис. 2. Схема отображения графической взаимосвязи между цветами (колесо цвета)

Практика художников наглядно показывает, что очень многие цвета и оттенки можно получить смешением небольшого количества красок. Стремление натурфилософов найти «первоосновы» всего на свете, анализируя явления природы, все разложить «на элементы», привело к выделению «основных цветов».

В конце XVIII века Гете предложил свой способ классификации цветов, обнаружив тем самым явление цветовой индукции. Он построил цветовой круг, который состоит из трех пар контрастных цветов (рис. 3). Основой круга служил треугольник главных цветов (красного, синего и желтого).

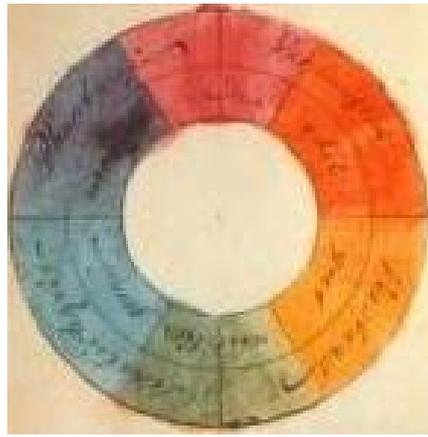


Рис. 3. Цветовой круг Гете

В дальнейшем, благодаря трудам Филиппа Отто Рунге, цветовая система приобрела третье измерение и вышла в пространство. Немецкий художник построил «цветовой шар», в котором соединились спектральные и ахроматические цвета, разбеленные, зачерненные и ломаные (рис. 4).

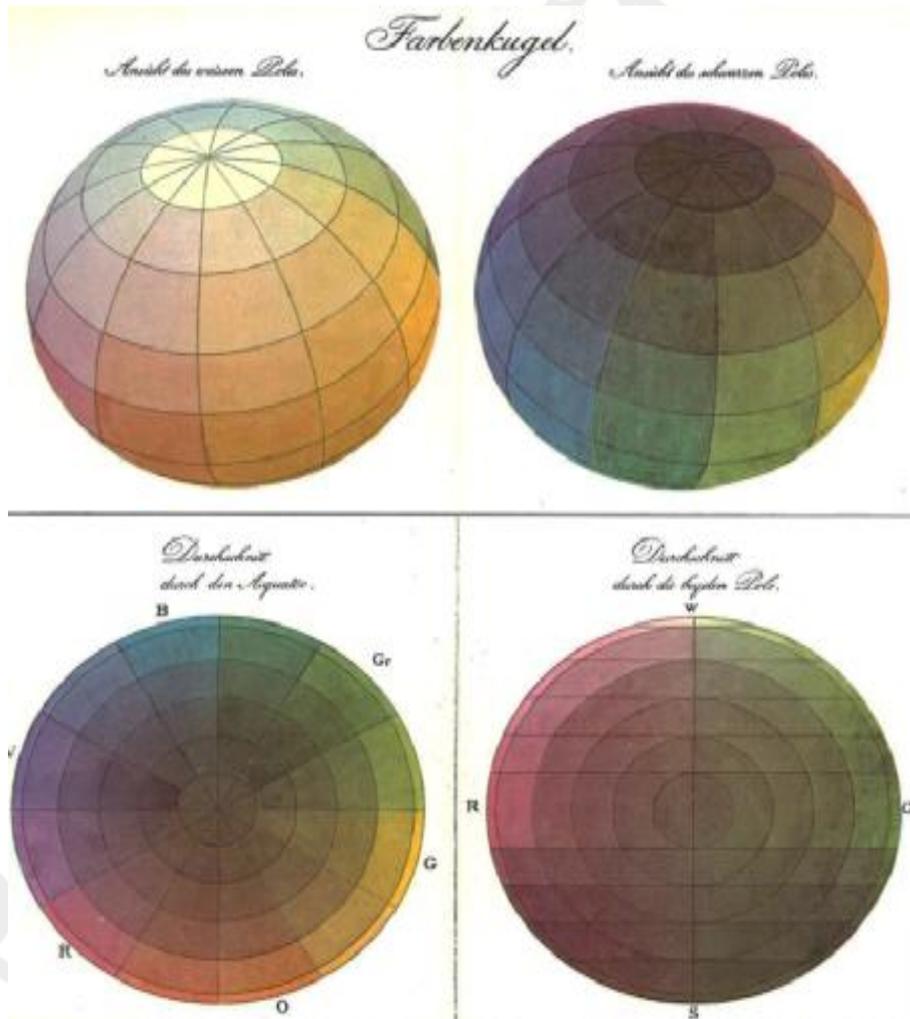


Рис. 4. Цветовой шар

В XIX веке благодаря трудам Г. Гельмгольца был уточнен вопрос об основных цветах. Ими оказались красный, зеленый и синий, дающие при смешивании все остальные цвета спектра любой насыщенности. Очень важные исследования по данной теме проводил английский врач Томас Юнг. Экспериментируя цветными проекторами во время элиминации, он установил, что для одного и того же спектра составные цвета могут быть уменьшены до трех основных цветов. Дневной свет может быть не только разделен на спектральные цвета, но и восстановлен в обратном порядке из трех основных (рис. 5).

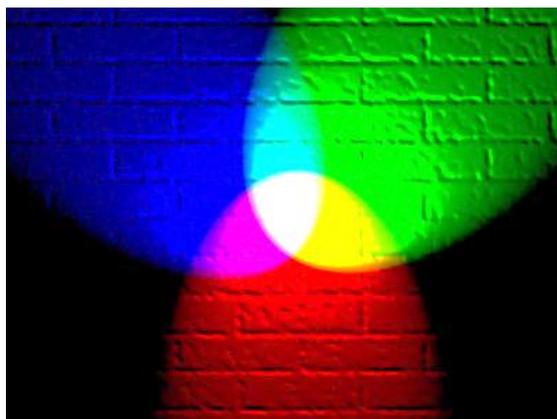


Рис. 5. Смешение основных цветов

В результате проведенных экспериментов Т. Юнг сделал важный вывод: природа стремится к минимализации (оптимуму) — смешиванием трех цветов (синего, красного и зеленого) можно воссоздать любой оттенок. При смешении, например, синего и красного получается пурпурный, зеленого и красного — желтый, зеленого и синего — циановый. При смешении всех трех цветовых компонентов получается белый цвет. В стоматологии понятие дополнительных цветов особенно важно. Суть его заключается в том, что при сочетании одних цветов общая гамма становится более насыщенной и естественной, а при сочетании других цвета окажутся неестественными и тусклыми. В настоящее время под цветом понимаю качественную субъективную характеристику электромагнитного излучения оптического диапазона, определяемую на основании возникающего физиологического зрительного ощущения и зависящую от ряда физических, физиологических и психологических факторов.

ОСНОВЫ ВОСПРИЯТИЯ ЦВЕТА

Человек в физиологической норме в состоянии различить около 150 цветов, разделяя их по тону и яркости — в общей сумме это примерно около одного миллиона оттенков. Для этого необходимо использовать большое количество зрительных клеток. Физиологию восприятия цвета описывают с помощью «трехкомпонентной теории цветового зрения».

Энергия, которая транспортируется волнами длиной около 400–700 нм, раздражает рецепторы в сетчатке глаза, и таким образом происходит восприятие цвета.

Считается, что у человека существует три типа цветовых рецепторов (колбочек), различающихся по спектральной чувствительности: ρ (условно «красные») — воспринимают цветовые волны длиной от 600 до 700 нм, γ (условно «зеленые») — длиной от 500 до 600 нм и β (условно «синие») — длиной от 400 до 500 нм (рис. 6). Светочувствительность колбочек невысока, поэтому при слабом освещении цвета не воспринимаются, фактически переводя зрение в черно-белый режим. При достижении необходимой для восприятия цвета яркости наиболее высокочувствительные рецепторы сумеречного зрения (палочки) автоматически отключаются.

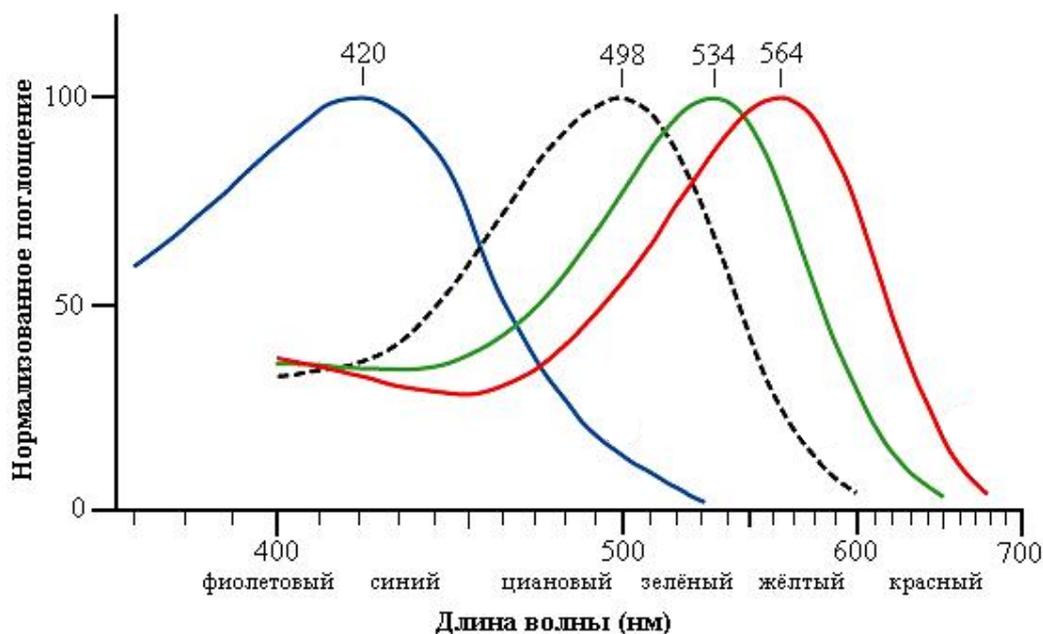


Рис. 6. Средние нормализованные спектральные характеристики чувствительности цветовых рецепторов человека — колбочек и палочек (показаны штриховой линией)

Каждый вид колбочек реагирует на определенный диапазон видимого спектра. Отклик, вызываемый в колбочках светом определенного спектра, называется цветовым стимулом, при этом свет с разными спектрами может иметь один и тот же цветовой стимул и таким образом восприниматься человеком одинаково. Это явление называется метамерией — два излучения с разными спектрами, но одинаковыми цветовыми стимулами будут неразличимы для человека.

Полное цветовое пространство человека имеет вид конуса в форме подковы (рис. 7). Оно описано как линейное пространство, если задать координаты x , y , z в качестве значений стимулов, которые соответствуют отклику колбочек длинноволнового (L), средневолнового (M) и коротковолнового (S) диапазона оптического спектра.

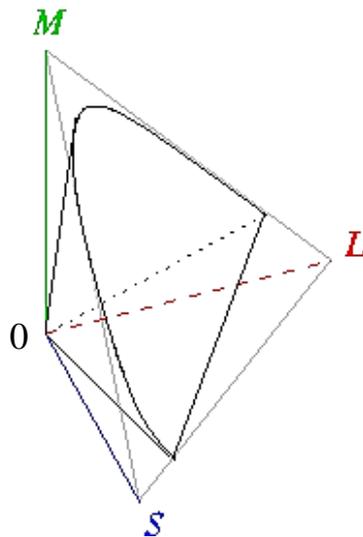


Рис. 7. Трехмерное представление цветового пространства человека

Начало координат $(S, M, L) = (0, 0, 0)$ будет представлять черный цвет. Белый цвет не будет иметь четкой позиции в данном определении диаграммы всевозможных цветов, а будет определяться, например, через цветовую температуру, определенный баланс белого или каким-либо иным способом. Цветовая температура (T_c) измеряется в Кельвинах (К). Чем выше температура цвета, тем ближе цвет к синему, и чем температура ниже, тем ближе цвет к красному (рис. 8). Например: Солнце в полдень имеет температуру 5000 К; облака в полдень — 5500 К; облачность — 6500–7500 К; сумерки — 7500–8500 К; синее безоблачное небо на северной стороне перед восходом Солнца — 9500 К; ясное голубое небо в зимнюю пору — 15 000 К.



Рис. 8. Цветовая температура в градусах Кельвина

Восприятие цвета определяется индивидуальностью человека и зависит от многих объективных и субъективных факторов:

- спектрального состава;
- цветового и яркостного контраста с окружающими источниками света, а также несветящимися объектами;
- явления метомеризма — изменчивости цвета под воздействием различного освещения: два объекта показывают одинаковый цвет при одном освещении и абсолютно разные цвета при другом;
- положения источника света;
- отражающих предметов, цвета соседних объектов;
- особенности человеческого глаза (степень экспрессии полиморфных зрительных пигментов, дальтонизм);
- возрастных и физиологических изменений человека — накопления макулярного пигмента, покрывающего центральную часть сетчатки и приводящего: к пожелтению хрусталика и искаженному восприятию световой волны; снижению подвижности глазного яблока; развитию с возрастом дальнозоркости и др.;
- психофизиологического состояния человека (влияют: фоновый свет/цвет, цветовая температура, цветовая адаптация), условий (шум, вибрация, тепловое воздействие и т. д.), усталости (при длительной концентрации внимания человеческий глаз перестает воспринимать определенные нюансы цветовой гаммы) и других ситуативных, психологических моментов.

ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Для описания цвета используются цветовые модели. Это абстрактная модель описания представления цветов в виде кортежей чисел, обычно из трех или четырех значений, называемых цветовыми компонентами, или цветовыми координатами. Вместе с методом интерпретации этих данных множество цветов цветовой модели определяет цветовое пространство.

Система цвета по Манселлу. Колориметрическая система Манселла была разработана американским профессором Альбертом Манселлом в начале XX века. Цвет в ней описывается с помощью трех чисел — цветового тона (hue — оттенок), значения (value — светлота, яркость) и хромы (chroma — насыщенность, цветность). Оттенок, яркость и насыщенность можно изменить независимо друг от друга, и они могут упорядочиваться в трехмерном пространстве. Нулевые цвета размещаются на вертикальной линии, которая называется серединная нулевая линия. Черный цвет находится внизу, белый — вверху, все серые тона лежат между ними. Цвета упорядочиваются под различным углом вокруг серединной линии. Насыщенность цвета размещается перпендикулярно к серединной линии, повышаясь при движении наружу (рис. 9). Манселл предложил шкалу с чет-

ко пронумерованной последовательностью работы для каждого из атрибутов. Примером использования цветовой системы Манселла в стоматологии служит цветовая шкала VITA SYSTEM 3D-MASTER.

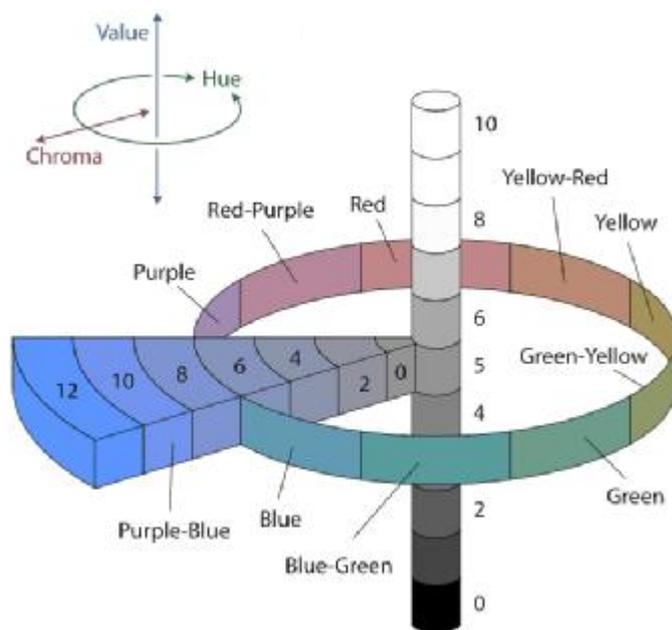


Рис. 9. Цветовая система Манселла

Value (светлота, яркость) как атрибут показывает яркость, светосилу цвета. Шкала яркости варьируется от 0 для абсолютного черного до 10 для абсолютного белого. Черный, белый и промежуточный серый считаются нулевыми цветами, которые не содержат никаких оттенков. Цвета, имеющие оттенки, называются хроматическими.

Одинаково насыщенные оттенки, относимые к одному и тому же цвету спектра, могут отличаться друг от друга степенью яркости. Любой цвет при максимальном снижении яркости становится черным.

Степень близости цвета к белому называют светлотой. Любой цвет при максимальном увеличении светлоты становится белым (рис. 10, 11). Яркость более всего заметна, это наиболее значимый параметр.

Chroma (хрома, насыщенность, цветность) — это отклонение цвета от нулевого при неизменной яркости. Цвета с низкой насыщенностью иногда описывают как «слабые», а с высокой — как «сильные» или «чистые, ясные». Два оттенка одного тона могут различаться степенью блеклости. При уменьшении насыщенности каждый хроматический цвет приближается к серому (рис. 12, 13).

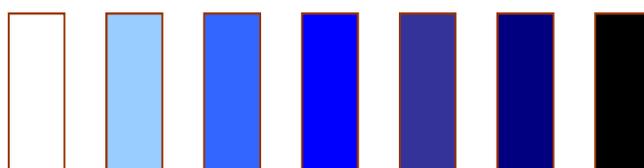


Рис. 10. Value (светлота, яркость)

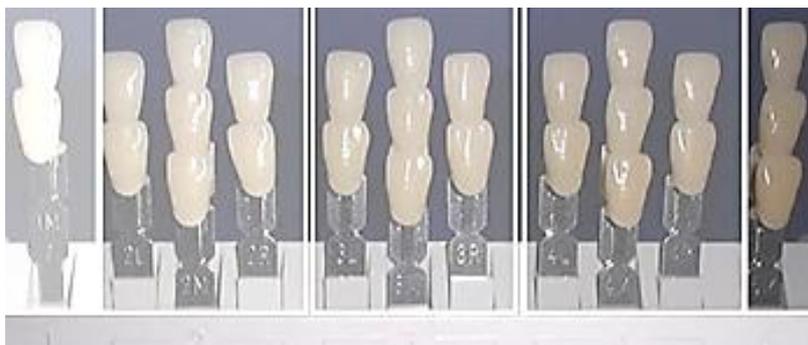


Рис. 11. Система определения цвета зубов VITA SYSTEM 3D-MASTER, построенная на принципах колориметрии — Value (светлота, яркость)

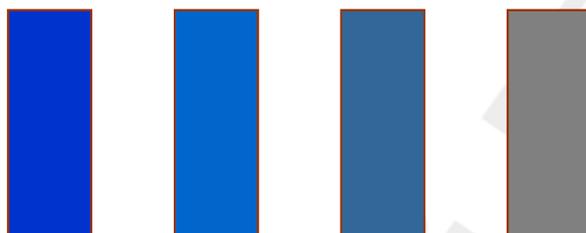


Рис. 12. Chroma (хрома, насыщенность, цветность)

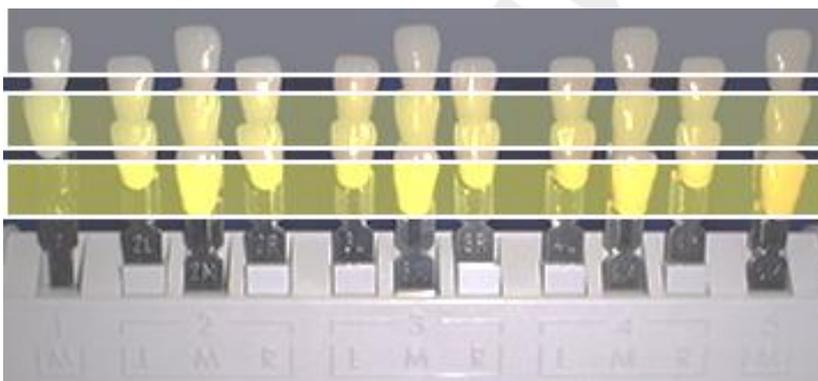


Рис. 13. Система определения цвета зубов VITA SYSTEM 3D-MASTER, построенная на принципах колориметрии — Chroma (хрома, насыщенность, цветность)

Белый, черный, серый тона считаются однородными цветами. Они не обладают ни оттенками, ни хроматичностью. Хроматичными считаются цвета, которые имеют так называемую «цветность», то есть все цвета, кроме черного, белого и серого. Наиболее ярким ахроматическим цветом является белый, наиболее темным — черный (рис. 14).



Рис. 14. Ахроматические цвета

Ние (цветовой тон, оттенок) — это характеристика цвета, отвечающая за его положение в спектре: любой хроматический цвет может быть отнесен к какому-либо определенному спектральному цвету (рис. 15, 16). Оттенки, имеющие одно и то же положение в спектре (но различающиеся, например, насыщенностью и яркостью), принадлежат к одному и тому же тону.

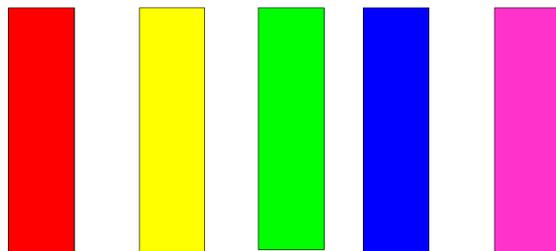


Рис. 15. Ние (цветовой тон, оттенок)



Рис. 16. Система определения цвета зубов VITA SYSTEM 3D-MASTER, построенная на принципах колориметрии — Ние (цветовой тон, оттенок)

Аддитивная система RGB. В 1861 г. Дж. Максвелл ввел аддитивную систему RGB (аббревиатура английских слов **R**ed, **G**reen, **B**lue — красный, зеленый, синий), описывающую способ синтеза цвета для цветопроизводства (рис. 17).

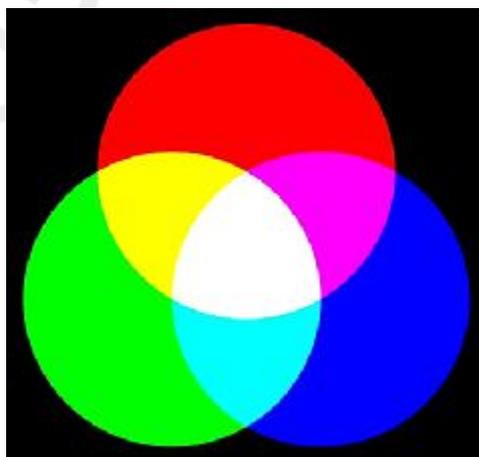


Рис. 17. Аддитивная цветовая модель

Выбор основных цветов обусловлен особенностями физиологии восприятия цвета сетчаткой человеческого глаза. Цветовая модель RGB нашла широкое применение в технике. Аддитивной она называется потому, что цвета получаются путем добавления (англ. addition) к черному цвету. Иначе говоря, если цвет экрана, освещенного цветным прожектором, обозначается в RGB как (r_1, g_1, b_1) , а цвет того же экрана, освещенного другим прожектором, — (r_2, g_2, b_2) , то при освещении двумя прожекторами цвет экрана будет обозначаться как $(r_1 + r_2, g_1 + g_2, b_1 + b_2)$. Изображение в данной цветовой модели состоит из трех каналов основных цветов, а их смешением получают остальные цвета.

Цветовая система CIE XYZ. В 1931 г. CIE (Commission Internationale de l'Éclairage — Международная комиссия по освещению) разработала цветовую систему XYZ, называемую также «нормальная цветовая система». Это линейная трехкомпонентная цветовая модель, основанная на результатах измерения характеристик человеческого глаза. Построена она на основе зрительных возможностей «стандартного наблюдателя», то есть гипотетического зрителя, которые были тщательно изучены и зафиксированы в ходе длительных исследований человеческого зрения, проведенных CIE.

Красная составляющая цвета располагается на оси X , а зеленая — на оси Y . Каждый цвет занимает соответствующее положение в системе координат, и спектральная чистота цвета сокращается по мере продвижения налево по координатной плоскости. Однако в этой системе не принималась во внимание яркость (рис. 18).

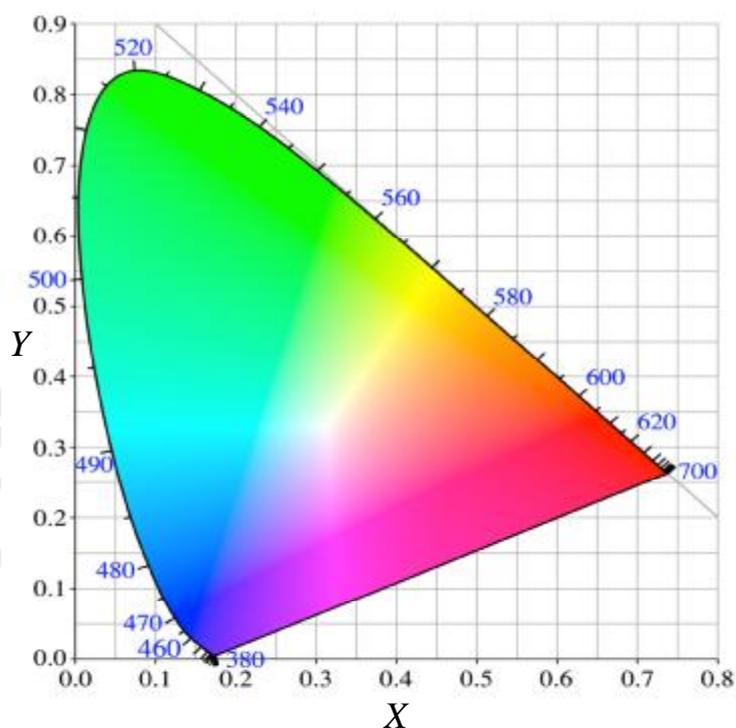


Рис. 18. Диаграмма цветового пространства CIE (1931)

Цветовая модель CIELAB (точнее, CIE 1976 $L^*a^*b^*$). Данная цветовая модель является сегодня международным стандартом и представляет трехмерную модель, в которой различия между цветом представлены расстоянием, измеряемым колориметрами. В этой модели любой цвет определяется светлотой (Luminance) и двумя хроматическими компонентами: ось a изменяется от зеленого ($-a$) до красного ($+a$); ось b от синего ($-b$) до желтого ($+b$). Яркость повышается в направлении вверх (рис. 19).

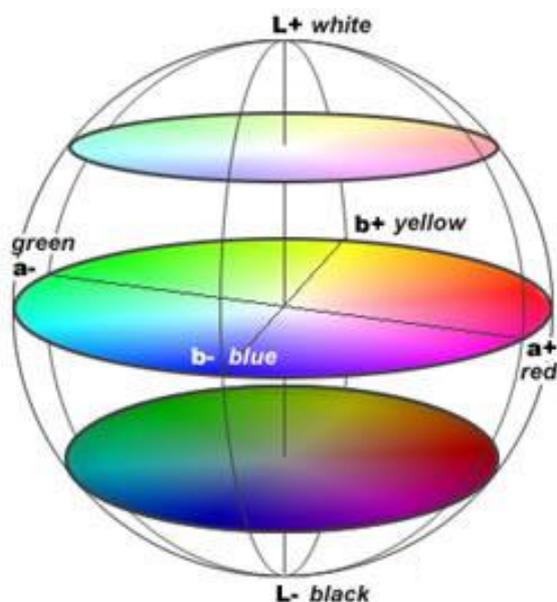


Рис. 19. Модель CIELAB (1976)

ОПИСАНИЕ ЦВЕТА ЗУБОВ

Hall (Sidney) открыл и показал физическую область цветов естественных зубов (рис. 20).

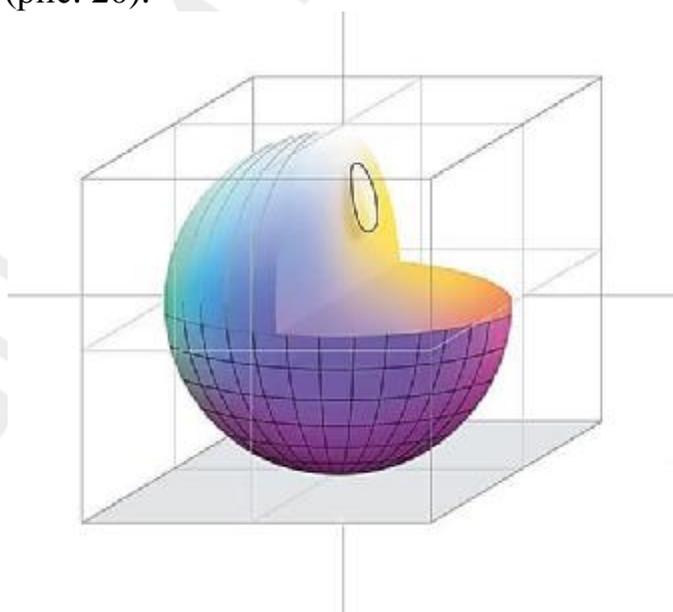


Рис. 20. Физическая область цветов естественных зубов

При описании цвета зубов учитываются характеристики, сформулированные Манселлом.

Яркость определяется количеством серого оттенка. Яркость живого зуба зависит от качества и толщины эмали. Чем толще эмаль, тем больше проявляются оптические эффекты, что также имеет место при высокой яркости. С другой стороны, толстый, опаковый дентин снижает яркость эмали.

Насыщенность, или хроматичность, определяется количеством пигментов данной окраски. Чем их больше, тем выше степень насыщенности. Это свойство цвета определяется также по дентину, но кроме того, оно находится в зависимости от транслюценции (полупрозрачности) и толщины эмали. Чем тоньше эмаль, тем выше хроматичность. В цервикальной области, где эмаль тонкая, цвет насыщенный. Чем толще эмаль, тем ниже насыщенность и усиливается эффект диффузии.

Основной цвет зуба определяется цветом дентина. Цвет живого, здорового зуба варьирует от желтого до желто-красного. В научной литературе упоминается преимущественно область с желто-красным оттенком, количество зубов с таким оттенком колеблется от 76 до 86 %.

Система определения цвета зубов VITA SYSTEM 3D-MASTER построена на принципах колориметрии (рис. 21).

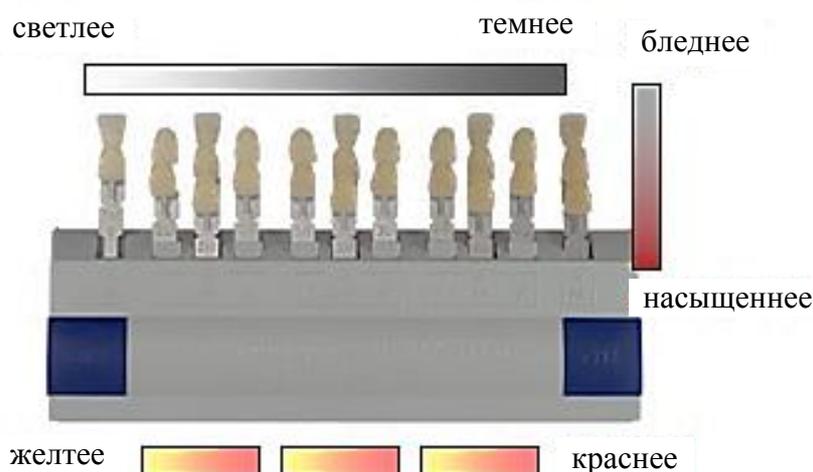


Рис. 21. Система определения цвета зубов VITA SYSTEM 3D-MASTER

В определении цвета зубов важную роль играют прозрачность, транслюценция, опаковость (рис. 22, 23), опалесценция и флуоресценция.

Прозрачность — большинство лучей проходят сквозь объект.

Опаковость — большинство лучей света отражаются или поглощаются объектом.

Транслюценция — частичное проникновение света. Лучи частично проходят сквозь предмет, а частично — отражаются, так как предмет состоит из дискретно расположенных частиц.

Глянец — отражение света на поверхности объекта.



Рис. 22. Эффект прозрачности, траслюценции, opakовости



Рис. 23. Эффект траслюценции и opakовости

Опалесценция — рассеивание света за счет мелких частиц (перламутр). Все объекты способны пропускать или преломлять лучи одной длины волны и отражать или рассеивать лучи другой длины волны. В живом зубе этим эффектом обладает эмаль. Опалесценция возникает благодаря различным индексам преломления органических и неорганических составных частей эмали зуба, а также способности кристаллов ксилатапатита рассеивать встречающийся свет. В результате этого длинные волны проникают сквозь зуб, в то время как более короткие отражаются и производят при этом голубоватое мерцание — эффект гало (рис. 24). В живом зубе этот эффект обычно наблюдается по канту режцового края, где нет дентина (рис. 25). Цвет варьируется от голубого к серому (до белого в областях преломления) и создает в зубе эффекты «мерцания, блеска» и «жизненности», то есть эффект опалесценции.



Рис. 24. Эффект гало



Рис. 25. Эффект опалесценции

Флуоресценция — это эмиссия света материалом, который освещается внешним источником излучения. Поглощаемое излучение может быть видимым или невидимым (например, ультрафиолетовые или рентгеновские лучи). Флуоресценция характеризуется способностью объекта светиться видимым белым цветом. Этот эффект встречается, когда тело про-

пускает определенную часть энергии света и после этого снова рассеивает его в видимом спектре. В зубе этот эффект создается ультрафиолетовыми лучами. Проходя сквозь эмаль, они достигают пигментного слоя между эмалью и дентином. Лучи преломляются и вызывают интенсивно белую (до светло-голубой) эмиссию света. Этот феномен особо заметен при ультрафиолетовом, солнечном и рассеянном (туман) свете, на дискотеке (рис. 26).



Рис. 26. Эффект флуоресценции

Явления флуоресценции и опалесценции заложены в металлокерамические массы и влияют на готовые конструкции. Важность флуоресценции подчеркивается рекомендациями определять цвет зубов при естественном освещении — бытовые светильники не имеют ультрафиолетового излучения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТА ЗУБОВ

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЦВЕТ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЗУБОВ

Цвет зуба является результатом комбинированного взаимодействия света с эмалью и дентином зуба. В естественных зубах человека каждый слой тканей несет индивидуальные физико-оптические характеристики, зависящие от витальности зуба, возраста, состояния тканей пародонта, степени стираемости твердых тканей и других показателей.

Эффекты в дентине зуба. Макро- и микроанатомическая структура дентина имеет области с высокой и низкой насыщенностью опалесценцией цветом. Поэтому именно дентин отвечает за оттенок и хроматичность зуба. Структурой канальцев дентина, которые имеют различный диаметр, количество и неправильное s-подобное распределение, объясняется образование областей с большими или меньшими участками минерализации. Различная микроанатомическая структура, трубчатое строение дентина — причина возникновения участков с различными коэффициентами преломления света, что проявляется неомогенным рассеиванием и отражением лучей света. В результате создаются области с опалесценцией и различной насыщенностью цвета дентина, в которых проявляется эффект полихроматичности. Цвет в пришеечной области имеет самую высокую насыщен-

ность, которая снижается соответственно через среднюю треть до режцового края, где она самая низкая. Внутри этих трех взаимопереходящих областей имеются участки с высокой опакностью и насыщенным цветом, которые смешаны с участками с более низкой насыщенностью (эффект полихромности). Органические пигменты, которые находятся внутри микроструктуры дентина, ответственны за эффект флуоресценции, проявляющийся белым или голубым оттенком зуба.

Эффекты в эмали зуба. Направленная беспорядочность неорганических призм эмали, различная толщина эмали над дентиновым слоем и присутствие связующего слоя, состоящего из протеинового пигмента, позволяют отражать, преломлять и пропускать свет. Свойство эмали пропускать свет и опалесцировать является причиной различной яркости и интенсивности ее цвета. Чем толще эмаль, тем больше преломляется и отражается свет, следовательно, яркость тоже повышается, что способствует ярко-белому цвету зуба. В пришеечной части эмаль резко истончается — этот участок имеет цвет от желто-оранжевого до коричневого.

Комбинированные эффекты в эмали и дентине. Эмаль зуба покрывает коронковую часть неодинаковым по толщине слоем и имеет четкую границу с подлежащим дентинным слоем. Отражение и рассеивание падающего света происходит на участке этой границы. Чем тоньше слой эмали, тем меньше рассеивание и четче цвет подлежащего дентина. Наиболее толстый эмалевый слой расположен в области режущего края, который, соответственно, имеет более прозрачный оттенок и усиливает отражение дентина. Дентин имеет различные оттенки, которые зависят от количества отложившегося вторичного дентина.

Н. И. Грисимов, изучая преломление света на поверхности эмали, выявил некоторые закономерности прохождения лучей ультрафиолетового спектра через твердые ткани зуба. Часть лучей, проходящих через эмалеводентинное соединение, меняют направление (преломляются). Данный эффект зависит от кривизны вестибулярной поверхности коронки и обусловлен соответствующим углом падения света, выходящего из эмали.

При уплощенной поверхности коронки, которую имеют резцы от режущего края приблизительно до середины, лучи, выходящие из эмали, мало преломляются, поэтому визуально можно различить эмаль и подлежащий дентин, хотя наблюдается некоторое иллюзорное уменьшение толщины эмали.

При выпуклой форме вестибулярной поверхности, которую имеют клыки и премоляры, луч, идущий от дентиноэмалевого соединения к поверхности эмали, имеет гораздо больший угол падения на границу раздела «эмаль – воздух». Поэтому эмаль и дентин в области контактных поверхностей раздельно не воспринимаются.

Эффекты в зубе, связанные с возрастом. Зубы у молодых пациентов описываются как белые, с выраженной опалесценцией, ярко выраженным рельефом и гало-эффектом в области резцового края (за счет сильно васкуляризованного опакового дентина, который окружен толстым слоем эмали). Толстый и интактный слой эмали снижает или убирает опаковый эффект дентина. На поперечном разрезе виден интенсивно окрашенный непрозрачный дентин и почти нет прозрачного дентина (рис. 27). Этот тип зуба самый трудный для воссоздания цвета в металло-керамике. Режущий край зуба в силу своего анатомического строения имеет такие включения, как мамелоны и прозрачные зоны, имеющие различную окраску. Мамелоны иногда бывают окрашены в цвет, отличающийся от цвета дентина, также они имеют различную длину и направление. Несомненно, важно знать топографию прозрачных участков и их окраску.

Зубы у пациентов среднего возраста уже могут иметь оранжево-желтый оттенок. Режущий край истерт. Видны результаты внешнего воздействия и дефекты эмалевого слоя, отмечается наличие вторичного дентина (рис. 28).



Рис. 27. Зубы молодых пациентов

Рис. 28. Зубы у пациентов среднего возраста

У пожилых пациентов зубы темные, опаковые и стертые, имеют более гладкую поверхность вследствие абразии, обызвествление эмали, наличие окрашенных и неокрашенных трещин. Обусловлено это следующими факторами: кровоснабжение дентина снижается и каналцы покрываются склеротическими бляшками. Хотя дентин с бляшками пропускает больше света, хроматичность повышается, а дентин выглядит темным. Это происходит из-за того, что эмаль вытирается и становится тоньше одновременно со снижением яркости, соответственно сквозь тонкий слой эмали можно видеть опаковый дентин с наличием вторичного дентина и образованиями склеротического дентина. Тонкая эмаль демонстрирует низкий опалесцирующий эффект, особенно по режущему краю резца, который часто теряет эмаль по причине функциональной стертости. Аккумулированные пигменты цвета также затемняют зуб. Иногда для достижения эстетически правильной реставрации необходимо имитировать оголение корня, имеющего более интенсивную окраску (рис. 29).



Рис. 29. Зубы у пациентов пожилого возраста

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТА ЗУБОВ

Особенности физиологических и психологических механизмов зрительных восприятий требуют соблюдения целого ряда условий для обеспечения оптимального подбора оттенков и цветов в процессе создания эстетической конструкции.

В последние годы сформировались теории определения цвета зубов, в которых нашел отражение целый ряд окружающих, временных и физиологических факторов, влияющих на механизм зрительных восприятий врача-стоматолога.

В определении цвета зубов большое значение имеют следующие факторы: источник света, уровень освещенности зуба, отраженный свет-рефлекс, цветовая адаптация, интерпретация цвета.

Источник света. Различают источники двух типов света: теплого и холодного. В природном источнике света преобладают холодные цвета (приближенные к синей гамме), в противоположность этому обычные лампы накаливания имеют теплые цвета (приближенные к красной гамме). Поэтому при определении цвета необходимо обращать внимание на то, чтобы источником света было естественное или близкое к нему освещение, в противном случае цвет будет воспроизведен неточно.

Естественное освещение отличается в различный период времени и в разных регионах. Например, до 10 часов утра цвета приобретают голубоватый оттенок, а после полудня — красноватый. Оттенок нельзя определять под прямыми солнечными лучами или при значительной облачности, а также в темное время суток.

Для правильного определения оттенков идеально подходит рассеянное дневное освещение в период от 10 часов утра до полудня у северного окна при наличии белых перистых облаков, то есть нейтральный дневной свет, падающий с северной стороны, принят за стандарт. В соответствии с этим стандартом разработаны искусственные источники освещения для рабочих мест врача-стоматолога и зубного техника. Установлено, что гигиенический минимум естественной освещенности для помещений с длительным пребыванием людей составляет 200 лк. Это определило допустимую степень снижения норм естественного освещения в помещениях

с совмещенным освещением — не менее 60 % значений коэффициента естественного освещения. Предпочтение традиционно отдается естественному освещению, хотя в последние годы разработаны искусственные источники света, соответствующие стандартным показателям цветопередачи. Использование таких источников обеспечивает стабильное определение цвета вне зависимости от погодных условий.

Цвет подбирается при освещении, наиболее полно описанном в немецком стандарте DIN 67505 (1986): сила света — 1000–2000 лк; цветовая температура — $5000 \pm 1000/750$ К. Рекомендуются люминесцентные лампы с международной маркировкой хх-950 (OSRAM LUMILUX DELUXE Daylight 12-950).

Все источники света в стоматологической клинике и зуботехнической лаборатории можно проверить с помощью цветовой карты Кодак (рис. 30). При искусственном освещении можно увидеть вертикальные полосы на цветовой карте, которые не видны при естественном свете.

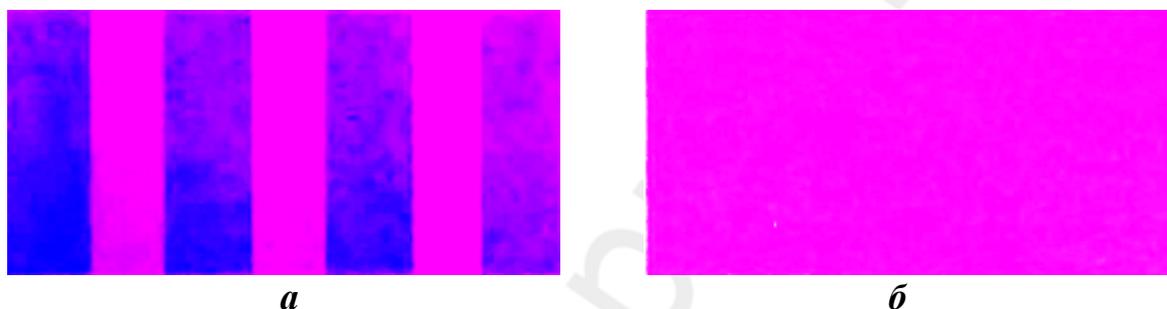


Рис. 30. Карта тестирования цветовой восприимчивости при естественном дневном и искусственном свете:

a — полосы становятся видны при искусственном свете; *б* — полосы не видны при естественном дневном или близком к нему искусственном свете

Сегодня производители предлагают стоматологическое оборудование, соответствующее приведенным требованиям. Одним из таких приборов является лампа Уолдманна (Waldmann) для подбора цвета, включающая зеркало для пациента и увеличительное стекло для стоматолога. Лупы с подсветкой для зуботехнических лабораторий также позволяют создать оптимальные условия подбора цвета. Кроме того, можно использовать зеркала с подсветкой, которые применяются для наложения макияжа. И. К. Луцкая с соавт. рекомендуют для исключения метамеризма (влияния источника света на восприятие цветов) проводить оценку оттенков зубов при естественном, а затем уточнение при искусственном освещении.

Уровень освещенности зуба. Слишком сильный свет от операционных ламп (> 2000 лк) вымывает цвет, и зуб кажется слишком светлым. Большая интенсивность света вызывает значительные изменения в цветовом зрении, происходит частичное ослепление, и человеческий глаз достаточно длительное время не в состоянии правильно ощутить не только

цвет, но зачастую и форму предметов. Прямое или боковое зрение врача тоже очень чувствительно к чрезмерно яркому источнику света.

При переводе взгляда с одной поверхности на другую, резко отличающуюся по яркости, происходит адаптация глаз, поэтому перепады яркостей не должны превышать соотношение 1 : 3.

При слишком слабом свете (< 1000 лк) цвет зуба кажется серым. При очень низкой освещенности восприятие цвета человеческим глазом становится практически невозможным, так как палочки сетчатки глаза не чувствительны к цвету.

При достаточном количестве света в рецепторы поступают более интенсивные сигналы. В процесс зрения вовлекаются колбочки, и цветоощущение становится более четким.

Отраженный свет-рефлекс. Природный свет имеет сложный цветовой спектр и создает объемную форму любого освещенного предмета, образуя на его поверхности блик (прямое отражение луча света), свет, полутень, тень и рефлекс (отражение рядом стоящей поверхности). Если предмет имеет однородную окраску, то его визуальный размер можно изменить при помощи света и тени. Искаженное восприятие цвета возможно при наличии ярко насыщенных цветов вокруг рабочего места. Если, например, одежда врача или пациента, губная помада, макияж, а также окружение (цвет стен в кабинете, кресла стоматологической установки, пола) будут иметь очень яркую цветовую гамму, то правильное определение цвета будет практически невозможным. Падая и отражаясь от окружающих предметов, свет будет изменен в своем спектральном составе.

Таким образом, важно, чтобы при определении цвета зубов рядом с пациентом (или на нем) не было никаких ярких предметов. Если пациент одет в яркую одежду, то рекомендуется использовать накидку или салфетку нейтрального цвета, таким же нейтральным должен быть фон позади пациента. Стены, потолок и пол стоматологического кабинета, а также имеющееся оборудование и мебель должны иметь естественную цветовую гамму (желто-зелено-голубая) с коэффициентом отражения не ниже 40 %. По мнению Э. А. Хегенбарт, идеальной является комбинация нейтрального серого цвета стен и освещения с соответствующим уровнем яркости.

Эффективно определять цвет в условиях изолирования зубных рядов от окружающих тканей. И. К. Луцкая предлагает использовать постоянный фон при определении цвета реставрации в полости рта. Эталонным в стоматологии принято считать фон серого цвета с отражающей способностью 18 %. Он не создает резкого контраста с оттенками зуба. Серый цвет практически не формирует следовую реакцию (например, после голубого цвета появляется ощущение оранжевого). При сравнении зуба и образца на сером фоне палочки и колбочки сетчатки глаза быстро восстанавливают свои способности ощущать и дифференцировать даже слабые оттенки цвета.

Цвет десны также является важным фактором при определении цвета зубов, так как из-за красновато-фиолетового оттенка этой зоны при ее анализе возникают контрастные эффекты, при этом интенсивная окраска десны способствует снижению чувствительности в этом диапазоне цветового спектра. Чтобы ее сохранить, мозг заменяет избыток красного дополнительным цветом, т. е. человек видит красно-фиолетовый и думает о дополнительном зелено-желтом. Нередко при определении цвета принимаются ошибочные решения, которые закрепляются при изготовлении ортопедической конструкции в лаборатории. Только при установке в полость рта часто выясняется, что протез имеет зеленоватый оттенок, недостаточно насыщенный тон, воспринимается неживым, хотя цвет соответствует образцу.

Для изолирования зубных рядов от окружающих тканей при определении цвета могут использоваться перфорированные салфетки, специальной формы серые карты с вырезкой в центральной части, коффердам, цветовой индикатор «Gumy®» системы «Halo Vintage» и др.

Цветовая адаптация. При длительной концентрации внимания человеческий глаз перестает воспринимать определенные нюансы цветовой гаммы. Цветовая адаптация выражается в пониженной чувствительности глаза. В конце рабочего дня либо при длительном напряжении внимания цветочувствительность рецепторной системы глаза снижается, и стоматолог не в состоянии различить не только маленькие отклонения и нюансы, но порой и самые элементарные цвета. Порог чувствительности анализатора зависит от длительности воздействия. По данным Henning, глаз человека устает при фокусировании на одной точке уже через 5–7 с. Утомляемость приводит к изменению цветовосприятия, нормализовать которое можно посмотрев на белый или светло-серый объект (но не на голубой, как часто рекомендуется!). В таком случае происходит нейтрализация зрения.

Интерпретация цвета. Даже если бы у всех людей была одинаковая по структуре сетчатка глаза, интерпретация (восприятие) цвета осталась бы субъективной из-за различий в способностях воспринимать цвет. Как известно, осознание характеристики объекта по меньшей мере не полностью соответствует действительности или тому, что отражает сетчатка глаза. По данным И. К. Луцкой, Н. В. Новак, Н. В. Тереховой, существует целый ряд приемов, демонстрирующих возможное несоответствие субъективному восприятию объективного мира. Выбор оттенков цвета зубов в значительной степени зависит именно от субъективного восприятия, а не только от объективного отражения действительности, поскольку эта процедура требует привлечения мыслительного процесса. Определенные условия для дезориентированного восприятия цвета создаются после утомительных предшествующих этапов ортопедического лечения (препари-

рования большого количества зубов, получения оттисков с ретракцией десны, припасовки сложных цельнолитых каркасов и др.).

И. К. Луцкая с соавт. считают, что свойство взаимодействия различных ощущений обуславливает необходимость учитывать также и окружающую обстановку. В кабинете не должно быть посторонних звуков, шумов, вспышек света, пыли, температурного дискомфорта, что могло бы повлиять на эффективность эстетического лечения. В оценке качеств объекта обследования должно участвовать несколько наблюдателей и приниматься во внимание не менее двух совпадений мнений, по меньшей мере доктора и пациента. А. А. Майстренко, Л. Г. Толчек считают необходимым, чтобы зубной техник определял цвет в тех же условиях освещения, в которых будет выполняться та или иная работа.

Зрительный аппарат человека особенно чувствителен к его возрастным изменениям. После 30–35 лет у большого количества людей происходит накопление макулярного пигмента, покрывающего центральную часть сетчатки, что приводит к пожелтению хрусталика и нарушению правильного определения цвета. Свет в данной ситуации изменяет свой спектральный состав еще до того, как попадает на светочувствительные рецепторные клетки, и человеческий глаз получает искаженное восприятие световой волны.

Женщины обладают лучшим цветовосприятием и цветоразличением. Нарушения цветового зрения наследуются как признак, сцепленный с X-хромосомой, и гораздо чаще встречаются у мужчин, чем у женщин. Полная цветовая слепота встречается менее, чем в 0,01 % случаев. Как считают многие авторы, обнаружение нарушения цветовосприятия у стоматолога либо зубного техника не означает автоматического несоответствия профессиональной деятельности или занимаемой должности. Однако знание о его наличии позволяет в определенных ситуациях прибегать к помощи сотрудников, коллег или использовать специальные инструменты и методы при определении цвета зубов.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЦВЕТ ЦЕЛЬНОКЕРАМИЧЕСКОГО И МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА

Определяя цвет керамического и металлокерамического протеза, следует учитывать индивидуальные особенности каждой из указанных конструкций. Цвет протеза из прессованной или фрезерованной керамики при правильном его определении, как правило, соответствует заданному. Протез, имеющий облицовку из полевошпатной керамики, металлокерамический или цельнокерамический требует более точного послойного расчета, так как неправильное соотношение толщины каркаса и слоев покрытия может влиять на цвет готовой конструкции. Каждый естественный зуб имеет свой собственный цвет и набор индивидуальных и возрастных

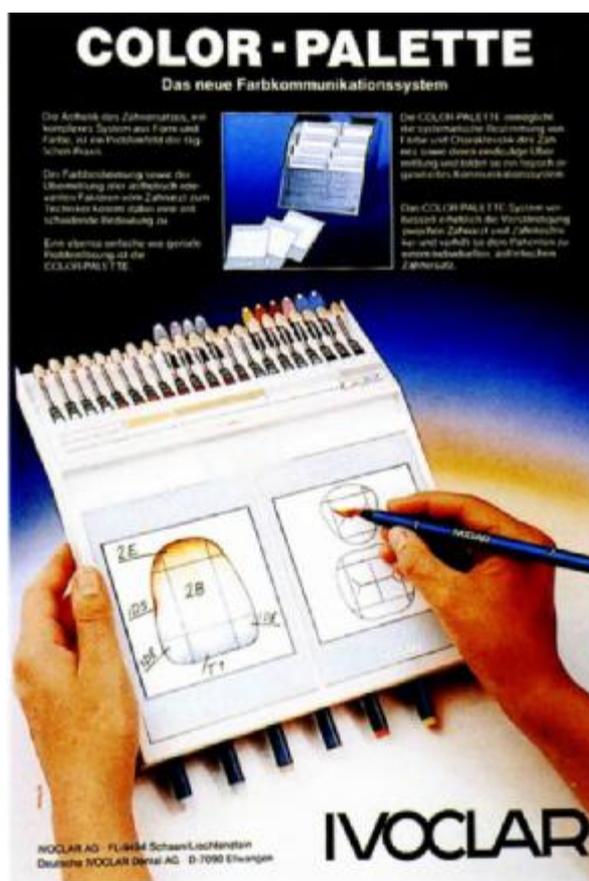


Рис. 32. Информационно-топографическая карта

Сотрудничество стоматолога, пациента и зубного техника. Важнейшим условием достижения успеха в выборе правильного цвета зубов в ортопедической конструкции является тесное сотрудничество стоматолога, пациента и зубного техника. Установленный цвет должен быть продемонстрирован пациенту и согласован с ним. Это необходимо по этическим нормам и в определенной степени обеспечит доктору юридическую независимость при условии возникновения в последующем дискуссий относительно цвета готового протеза. Пациенты при совместном обсуждении цвета, как правило, склоняются к более светлым тонам. Клиническое мнение доктора является не менее значимым, чем пожелания пациента. Только при их добровольном совпадении возможно продолжение работ.

При сложной цветовой позиции С. И. Абакаров, Д. С. Абакарова считают оправданным изготовление диагностического керамического образца и сравнение его с естественными зубами пациента. При изготовлении протеза задействованы три различных человека: врач, пациент и техник. Так как каждый из них интерпретирует цвет по-своему, удовлетворительный результат можно получить лишь тогда, когда будет достигнуто соглашение. Это трудный и продолжительный процесс. Поэтому обоснованным следует считать выделение выбора цвета зубов в отдельный этап при изготовлении эстетических ортопедических конструкций.

ВИЗУАЛЬНЫЙ И АППАРАТУРНЫЙ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТА ЗУБОВ

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДОВ

Сегодня существует много методик определения цвета зубов при изготовлении ортопедических конструкций, которые разделяются на две большие группы: визуальные и аппаратные. В клинической практике распространены методики визуального выбора цвета зубов по стандартным шкалам оттенков.

Визуальное определение цвета зубов представляет собой субъективный процесс и требует определенных знаний и навыков, оптимальных условий, а также зависит от индивидуальных особенностей, таких как восприятие цвета, острота зрения. Развитие современных технологий помогает определять цвет зубов, используя аппаратные методы, которые позволяют уменьшить вероятность возникновения ошибок при определении цвета зубов и делают указанный процесс более прогнозируемым (рис. 33).

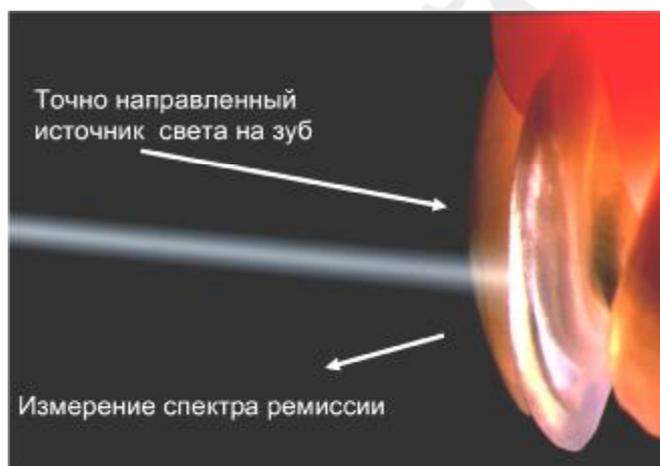


Рис. 33. Определение цвета зуба аппаратным методом

Применение аппаратных методов выбора цвета позволяет решить две проблемы:

- 1) коммуникации между клиникой и зуботехнической лабораторией;
- 2) объективизации выбора цвета и профилактики возможных конфликтов.

Однако аппаратный метод еще не нашел своего широкого применения. Так, согласно данным Lt.GfK (ведущей научно-исследовательской организации рынка), только 6 % всех стоматологов в Германии пользуются электронными приборами для определения цвета зубов (2010). Называемая основная причина — высокая стоимость аппаратов. Это также является одной из значимых причин и в Республике Беларусь, а другая — новые приборы не прошли процедуру сертификации в нашей стране. Поэтому визуальный метод определения цвета зубов остается ведущим в работе сто-

матолога и зубного техника. Существующие сегодня методики определения цвета зубов имеют как преимущества, так и недостатки (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение визуальных и аппаратурных методик определения цвета зубов

Характеристики	Методики определения цвета	
	визуальные	аппаратурные
Преимущества	1) возможность выявления индивидуальных особенностей; 2) опыт по определению цвета; 3) экономическая доступность	1) качество и объективность определения цвета; 2) независимость от субъективного восприятия и окружающей среды; 3) контроль точности цветового исполнения; 4) четкая коммуникация между врачом и техником; 5) создание доказательной базы при возникающих конфликтах между врачом и пациентом
Недостатки	1) психофизиологическое состояние врача-стоматолога; 2) влияние окружающей среды (освещение, интерьер); 3) сложный алгоритм выбора цвета; 4) различие расцветок разных производителей	1) высокая стоимость; 2) новые приборы пока не прошли сертификацию в нашей стране

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТА ЗУБОВ ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Процедура определения цвета зубов. Для создания эстетичной реставрации необходимо учитывать, что зуб имеет различные оттенки и степень прозрачности от шейки зуба до режущего края, поэтому требуется точно определить оттенки различных зон зуба (рис. 34).



Рис. 34. Определение оттенков различных зон зуба

Пришеечная зона характеризуется наименьшей прозрачностью и большей желтизной, так как в естественном состоянии здесь наиболее близко расположен дентин, который обладает этими свойствами.

Тело зуба характеризуется более толстым слоем эмали, за счет чего зуб приобретает большую прозрачность и меньшую желтизну. В этой зоне на оттенок зуба больше влияет оттенок эмали, так как дентин находится в глубине.

Режущий край является наиболее прозрачной частью зуба, потому что в толще режущего края отсутствует или находится в небольшом количестве дентин. Вследствие этого режущий край приобретает сероватый оттенок — через него просвечивает темная полость рта. Часто режущие края передних зубов имеют трещины, сколы, неровности и другие индивидуальные особенности. В области эмалевого слоя возможно наличие мамелон, пигментных пятен и зон других оттенков.

Боковые поверхности занимают зону около одного миллиметра от правого и левого краев зуба и имеют большую прозрачность, чем тело зуба, в связи с истончением дентина к краям. Но из-за кривизны поверхности видимая прозрачность этой зоны ниже, чем режущего края.

В итоге цвет всего зуба зависит не только от подобранных оттенков, но и от их соотношения в толще зуба. При определении цвета для металлокерамической конструкции следует помнить о том, что характер цветового оттенка зависит и от толщины облицовки. Вестибулярная стенка коронки в пришеечной области тоньше образца расцветки.

Для точного воссоздания цвета зубов не всегда достаточно изучение их плоскостей, необходимо изучение поверхности зуба и по краям. Цвет срединной плоскости обычно не представляет особых сложностей, в то время как проксимальные участки порой требуют принятия нестандартных решений. Для обеспечения плавного перехода тона от искусственной коронки к рядом стоящему естественному зубу на соответствующем проксимальном участке коронки (по показаниям) следует предусмотреть возможности создания необходимого оттенка.

Для боковых групп зубов (премоляров, моляров) следует изучить и жевательную поверхность. Определяется цвет и одновременно изучается рельеф и индивидуальные особенности окклюзионной поверхности зуба (зубов). В большинстве случаев она зависит от вида прикуса и возраста. В молодом возрасте определяются выраженные бугры с высокими вершинами и светлыми тонами. У лиц старшего возраста высота бугров несколько сглажена, бороздки имеют более темный оттенок. При патологической стираемости твердых тканей зубов форма и цвет окклюзионной поверхности зависят от степени стираемости и витальности зубов. Дентин витальных зубов имеет более яркий и живой желтоватый оттенок. При гибели пульпы он желто-коричневого или коричнево-серого цвета. При определении цвета зуба заполняется схема выбора цвета. Установленный цвет должен быть продемонстрирован пациенту и согласован с ним.

Оптимальные условия для определения цвета зубов. Во многих источниках встречаются различные мнения авторов по поводу условий для оптимального определения цвета зубов при протезировании металло-керамическими и цельнокерамическими конструкциями. Важными условиями правильного определения цвета являются:

1. *Момент выбора.* Цвет выбирается перед препарированием, так как после зуб имеет слишком белый цвет из-за высыхания. Если позволяют анатомические условия, цвет лучше определять по одноименному зубу. При изготовлении металлокерамических коронок на одноименные зубы можно ориентироваться на цвет соседних зубов. Шкалу необходимо увлажнить, также как и зуб, что имитирует ситуацию в полости рта. Перед непосредственным определением цвета необходимо очистить зубы от зубного налета при помощи вращающейся щетки с абразивом.

2. *Оптические вспомогательные средства.* Подбирать цвет лучше без очков, так как через стекла очков восприятие цвета изменяется.

3. *Расстояние.* При выборе цвета цветовую шкалу нужно держать у рта пациента на расстоянии вытянутой руки и расположить параллельно длинной оси зуба, что позволит более точно определить оттенки по зонам.

4. *Освещение.* Цвет подбирается при стандартном освещении (DIN 67505 — сила света 1000–2000 лк). Идеальная цветовая температура находится в пределах $5000 \pm 1000/_{-750}$ К. В настоящее время рекомендуются световые трубки с международной маркировкой хх-950, например OSRAM LUMILUX DELUXE Daylight 12-950. Если нет стандартных условий искусственного освещения, то цвет керамики нужно подбирать в первой половине дня, при легкой облачности, на расстоянии 1 м от окна, обращенного на северную сторону.

5. *Окружение.* Общее окружение должно быть наиболее нейтральным. Не должно быть пестрых предметов в помещении, пестрых объектов за окном, губной помады на губах пациента и яркой одежды. Яркую одежду следует прикрыть простыней кремового цвета.

6. *Светлота зуба.* Для определения степени светлоты рекомендуется приглушить освещение помещения. Это облегчает различие между светлыми и темными оттенками.

7. *Утомление.* Цвет нужно определять быстро, по первому впечатлению, что позволяет уловить первое цветоощущение, которое зачастую оказывается самым правильным. Глаза устают приблизительно через 5–7 с. Для снятия усталости необходимо некоторое время смотреть на нейтральный фон и затем продолжить выбор цвета.

8. *Половозрастные характеристики.* Желательно, чтобы возраст определяющего цвет был до 30 лет, так как с годами ухудшается цветовосприятие и цветоразличение. Предпочтительно, чтобы цвет определял специалист женского пола, так как женщины обладают лучшим цветовосприятием

и цветоразличением. Рекомендовано использовать групповой метод (с привлечением зубного техника и пациента), что повышает объективность.

Виды цветовых шкал для определения цвета зубов. В клинической практике распространены методики визуального выбора цвета зубов по стандартным шкалам оттенков. Шкала Chromascop (Ivoclar — Vivadent, Schaan, Лихтенштейн), шкала VITA classical (Vita, Bad Sackingen, Германия), шкала 3D-MASTER (Vita), система GUMY (Shofu) — это только ведущие торговые марки, а также существуют многочисленные попытки различных производителей копировать эти цветовые стандарты. Популярность цветовых шкал непосредственно зависит от возможности их использования при работе с материалами разных производителей. К примеру, некогда распространенная цветовая шкала Biodent (рис. 35) сейчас почти не используется.



Рис. 35. Цветовая шкала Biodent

Цветовая шкала VITA classical в настоящее время является золотым стандартом для определения цвета зубов. Четыре из пяти определений цвета зубов в мире производятся с помощью расцветки VITA. Большинство производителей всего мира классифицируют цвет своих материалов в соответствии с этой шкалой. Она наиболее часто используется для подбора керамических масс, так как отличается систематичностью и большим сходством с настоящими зубами. Шкала включает 4 ряда цветов: А (красновато-коричневые), В (красновато-желтые), С (серые) и D (красновато-серые); каждый из них делится на несколько ступеней по светлоте и степени насыщенности, которые в совокупности характеризуют интенсивность и определяются цифрами (рис. 36). При выборе цвета сначала определяется цветовая группа (А В, С, D), а затем интенсивность (1–4).

В цветовой шкале Chromascop (рис. 37) цвет описывается числами: 100 (белый), 200 (желтый), 300 (оранжевый), 400 (серый), 500 (коричневый). Насыщенность изменяется от 10 (высокая яркость и низкая насыщенность) до 40 (низкая яркость и высокая насыщенность). Система ориентирована на выбор оттенка.

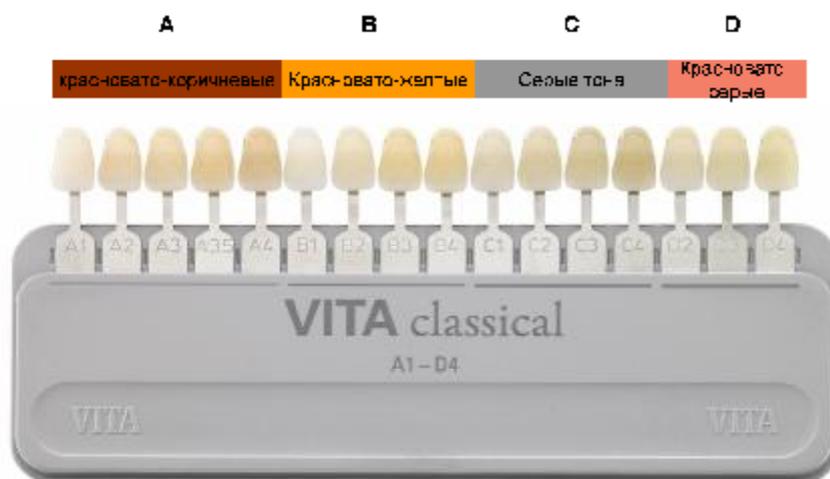


Рис. 36. Цветовая шкала VITA classical

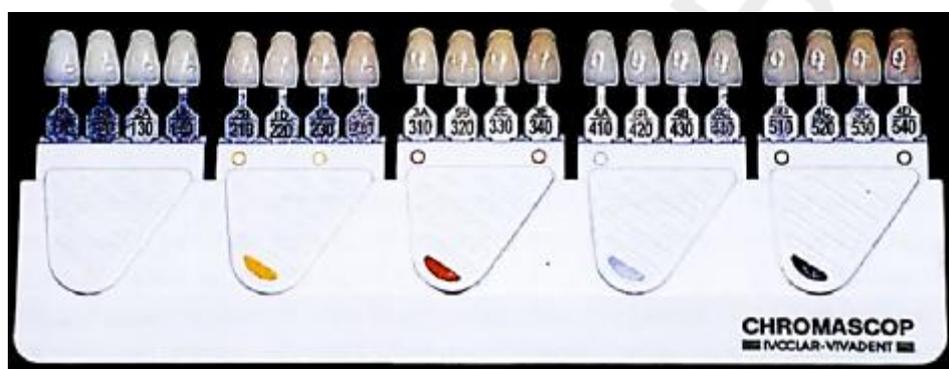


Рис. 37. Цветовая шкала Chromascop

Система GUMY предоставляет возможность определения цвета десны и может комбинироваться с другими системами для определения цвета зубов (рис. 38), что необходимо для создания искусственной десны.

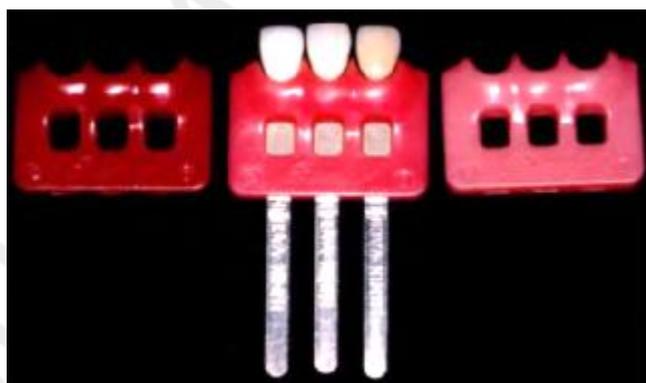


Рис. 38. Система GUMY

Процесс визуального определения цвета с помощью системы GUMY состоит из следующих этапов:

1. *Определение цвета десны.* Цвет десны определяется с помощью одного из трех шаблонов десны GUMY: L (светлый), M (средний), D (темный).

2. *Определение интенсивности цвета.* В качестве примера взята группа А: А1 — это малая интенсивность цвета, Root А — самая большая интенсивность цвета. Если предполагается цвет А3, в середину шаблона десны GUMY вставляется образец А3, а по бокам образцы А2 и А3.5, т. е. образец средней интенсивности всегда вставляется в середину шаблона.

3. *Определение цветового тона.* В шаблон десны GUMY устанавливаются образцы цветовых групп В, А и R средней интенсивности (В3, А3 и R3).

4. *Определение яркости цвета.* При повышенной яркости выбранный ранее образец А3 вставляется в середину шаблона десны GUMY, по бокам вставляются образцы с более высокой и с более низкой интенсивностью (VA2 и VA3). Если зуб, на котором определяется цвет, выглядит темнее, чем стандартный цвет А3, в шаблон десны GUMY устанавливаются образцы той же интенсивности, но с более низким показателем яркости С2 и D3. Шаблон десны GUMY при выборе цвета рекомендуется использовать в полости рта пациента, образцы цвета будут располагаться на том же цветовом фоне, что и естественные зубы.

В системе 3D-MASTER (Vita) (рис. 39) используется более естественный с точки зрения физиологии способ: сначала определяется яркость, затем интенсивность, а уже потом оттенок (в зависимости от превалирования желтого или красного).



Рис. 39. Система 3D-MASTER

Оттенки эталонных зубов объединены в пять групп с разной степенью светлоты. Два цвета на левой стороне шкалы соответствуют самому светлому уровню (группа 1), а три самых крайних цвета на правой стороне шкалы — самому темному уровню (группа 5). Три остальных уровня светлоты, находящиеся в середине шкалы (группы 2, 3, 4), собраны по доминирующему оттенку. В каждую из этих групп входит по семь цветов (рис. 40).

Интенсивность цвета возрастает от верхнего образца к нижнему: от М1 (самого бледного оттенка) к М3 (самому интенсивно окрашенному) (рис. 41).

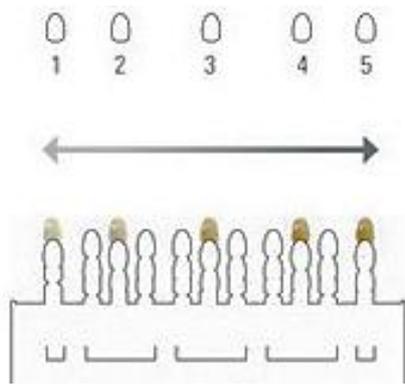


Рис. 40. Группы эталонных зубов с разной степенью светлоты в системе 3D-MASTER (Vita)

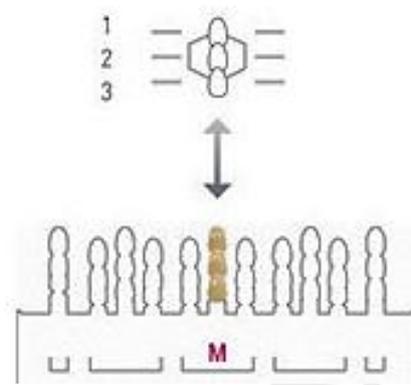


Рис. 41. Интенсивность цвета в системе 3D-MASTER (Vita)

В каждом из трех средних уровней светлоты левые группы, состоящие из двух цветов, имеют более желтоватые оттенки (L), а правые группы, включающие также по два цвета, имеют более красноватые оттенки (R) по сравнению с расположенным в середине доминирующим оттенком M (medium) (рис. 42).

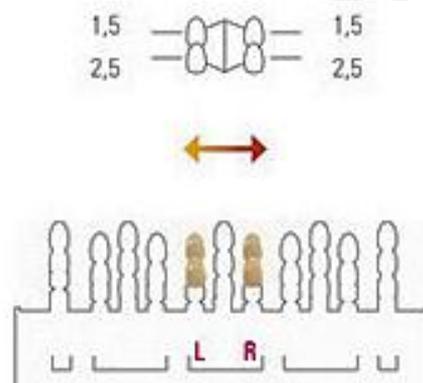
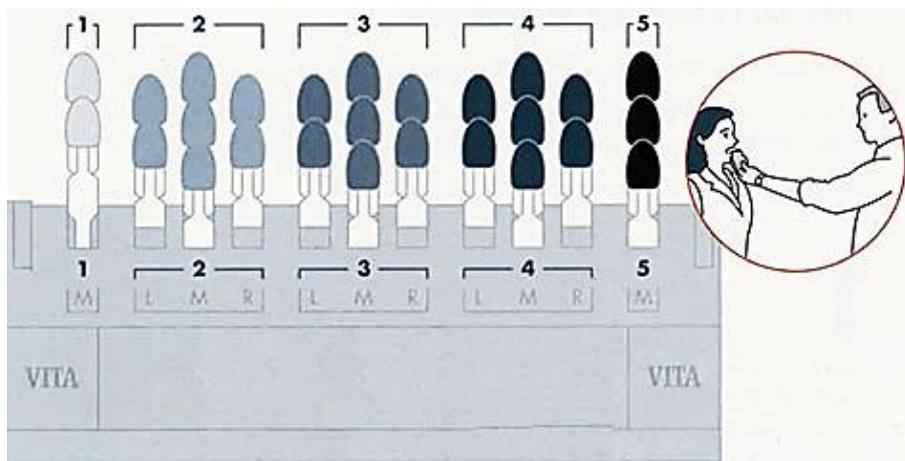


Рис. 42. Цветовой тон в системе 3D-MASTER (Vita)

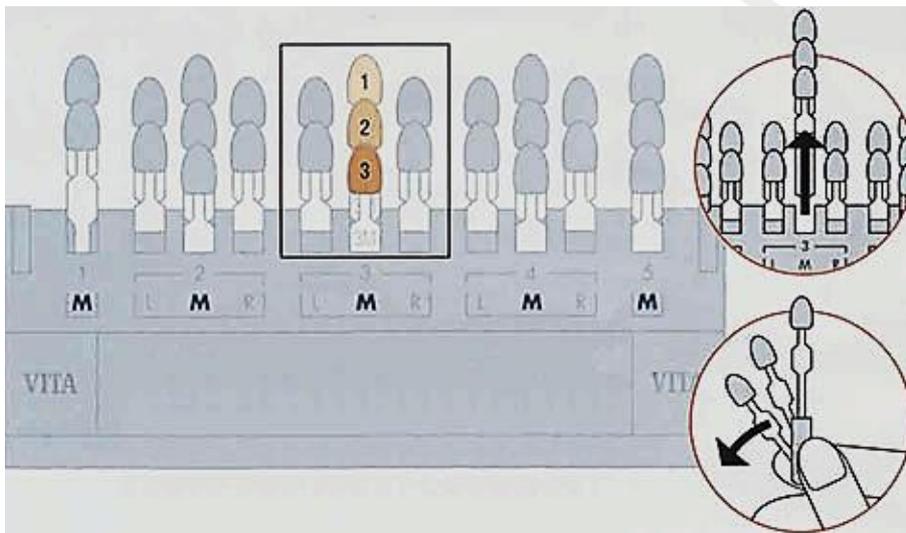
Значительное преимущество шкалы 3D-MASTER (Vita) для специалиста заключается в том, что процедура определения цвета систематизирована, упрощена и выполняется в три логических этапа: определение светлоты, определение интенсивности, определение доминирующего цветового тона (рис. 43).

На первом этапе определяется только подходящая светлота, т. е. нужно выбрать не один из 26 эталонных зубов, а определить по светлоте одну из пяти групп. При этом сравниваются группы от первой до пятой. Для удобства лучше сопоставлять средние образцы из каждой группы: 1M1, 2M1, 3M1, 4M1, 5M1.

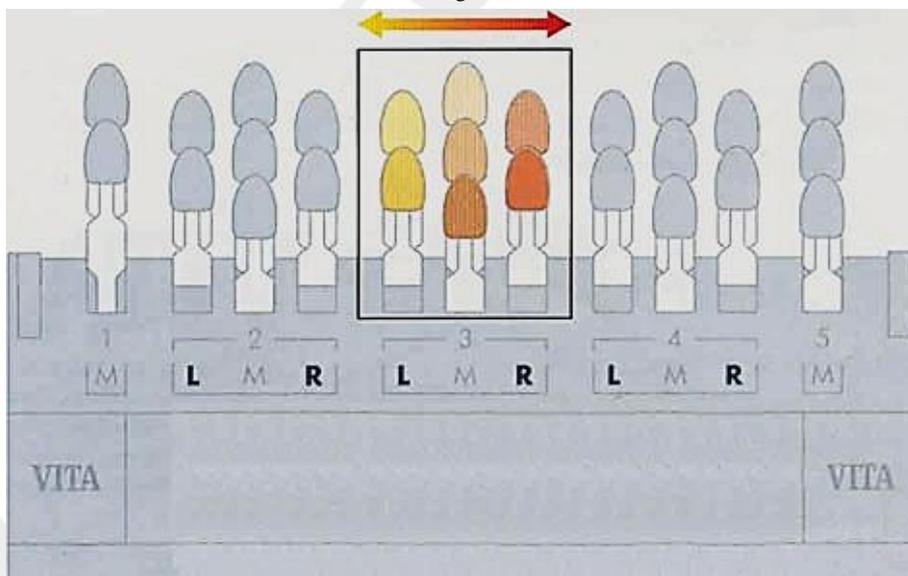
Для определения интенсивности цвета в выбранной группе светлоты берется средний цветовой тон (M) и раскрывается веером. Все эталоны M одного цветового тона и одной светлоты, и выбрать нужно один наиболее подходящий по интенсивности цвета.



a



б



в

Рис. 43. Выбор цвета при помощи шкалы 3D-MASTER (Vita):
a — определение светлоты; *б* — определение интенсивности; *в* — определение доминирующего цветового тона

Выбрав наиболее близкие к естественному зубу уровни светлоты и насыщенности, приступают к определению доминирующего оттенка (желтоватый — L, средний — M или красноватый — R). Если выбранный эталон из цветового тона M не полностью соответствует живому зубу, то в группах светлоты 2, 3 и 4 есть возможность уточнить выбор, подобрав один из двух эталонов в соседнем слева желтоватом тоне L или справа красноватом тоне R соответственно.

В 2011 г. была разработана новая шкала — VITA Linearguide 3D-MASTER (рис. 44). Преимущества данной шкалы, по мнению ее производителя:

- привычная линейная расцветка;
- простое применение;
- экономия времени за счет более быстрого определения цвета;
- современный дизайн.



Рис. 44. VITA Linearguide 3D-MASTER

Определение цвета зубов при помощи этой шкалы происходит всего лишь за два шага:

1. *Основной выбор*: определение группы светлоты (рис. 45).

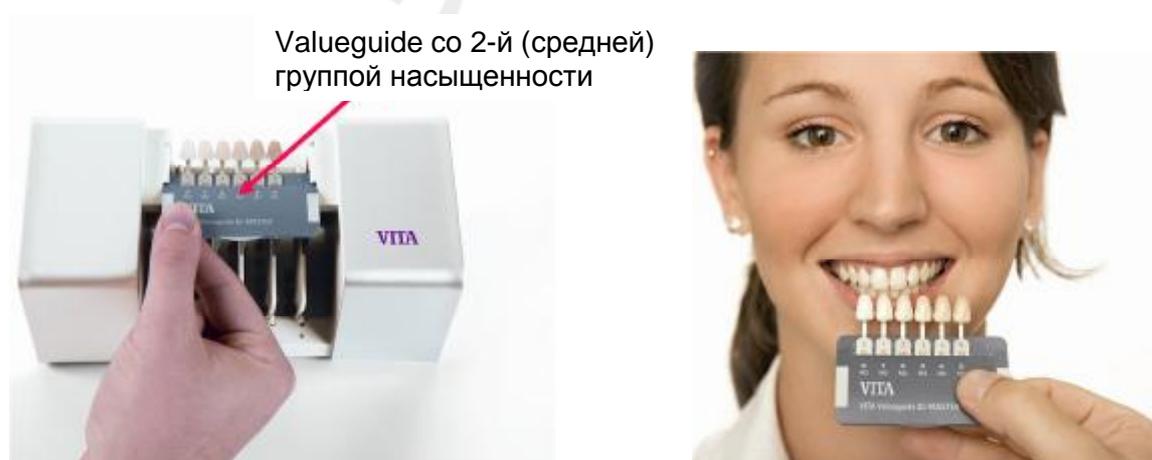


Рис. 45. Определение группы светлоты

2. *Определение нюансов:* определение цвета внутри определенной группы светлоты (рис. 46).

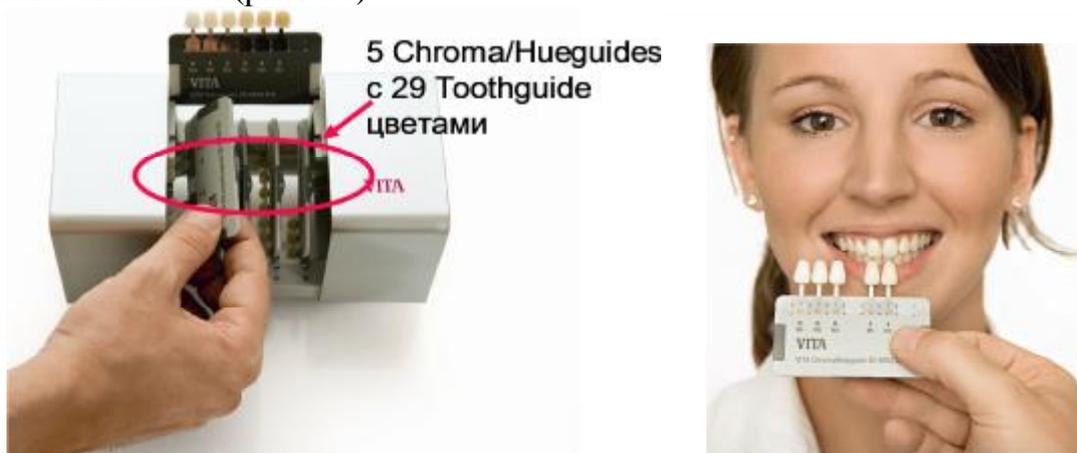


Рис. 46. Определение цвета внутри определенной группы светлоты

Цветовая шкала VITA Bleachedguide 3D-MASTER (создана в 2011 г.) (рис. 47) построена на основе системы 3D-MASTER (Vita). Ее преимущества:

- яркость дополняется расцветкой с промежуточным цветом;
- интенсивность увеличивается с уменьшением яркости;
- оттенок цвета только средней группы М.

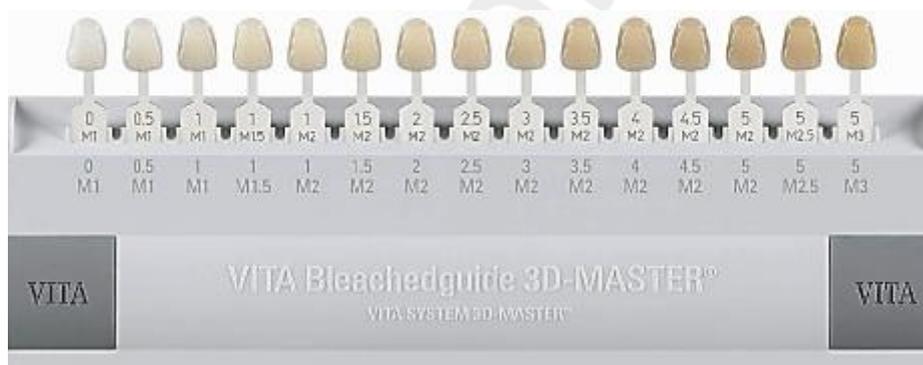


Рис. 47. VITA Bleachedguide 3D-MASTER

Система включает интерполирующие (промежуточные цвета). Эта система удобна для оценки прогресса отбеливания зубов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТА ЗУБОВ АППАРАТУРНЫМ МЕТОДОМ

Для профилактики ошибок в выборе цвета в клиниках внедряются аппаратные методы подбора цветов естественных зубов, которые не зависят от субъективного мнения и цветовых оттенков окружающей среды. Суть этих методов заключается в объективном компьютерном анализе изображения, полученного при идеальных оптических условиях, затем на его основе составляется качественная карта оттенков зуба с указанием

прозрачности. Определение цвета электронными приборами основано на использовании цветовых моделей: аддитивной, CIE XYZ, CIE L*a*b*.

Одним из первых цифровых приборов, разработанных для помощи врачам и техникам в определении и контроле цвета зубов, был колориметр Chromascan, созданный в начале 80-х гг. Данный прибор пользовался ограниченным успехом из-за его недостаточной точности в определении цвета и не очень удобного дизайна. Современные компьютерные системы представлены несколькими видами приборов, которые снимают изображение зуба, анализируют его и выводят результаты измерений на дисплей с последующей печатью. Каждая система имеет небольшие различия, но цель использования одна и та же — качественно подобрать цвет с минимальной вероятностью ошибки. В настоящее время электронные системы определения цвета зубов только завоевывают свое место в стоматологической практике. Применение объективных методов выбора цвета зубного протеза позволяет снизить вероятность ошибок, ускоряет процесс лечения и упрощает коммуникацию между клиникой и зуботехнической лабораторией. В последние годы аппараты для определения цвета реставрации становятся все компактнее, точнее и проще в использовании. Кроме определения цвета будущей реставрации, такие аппараты могут использоваться для контроля и визуализации результатов отбеливания зубов и удаления зубных отложений.

При выборе такого прибора необходимо учитывать:

- влияют ли внешние источники света на точность определения цвета зубов;
- используемые виды цветовых шкал (расцветок);
- возможность раздельного определения цвета эмали и дентина;
- соответствие определяемых цветов и расцветок керамических или пломбировочных материалов;
- быстроту и легкость в использовании;
- простоту очистки и дезинфекции прибора;
- возможность обновления программного обеспечения.

По способу измерения цветовых характеристик приборы можно разделить на два типа.

Спектрофотометры выделяют цвета при помощи разложения луча света так называемым монохроматором. Классическим образцом монохроматора является призма.

Колориметры выделяют цвета при помощи красного, зеленого и синего светофильтров. Распространенным образцом колориметра является матрица цифрового фотоаппарата.

В качестве примера рассмотрим несколько наиболее распространенных компьютерных систем, применяемых в стоматологии для выбора цвета реставрации.

VITA Easyshade Compact (Vita, Zahnfabrik). VITA Easyshade Compact (рис. 48) является беспроводным устройством. В качестве источников света служат светодиоды. Форма измерительного прибора позволяет подводить его ко всем зубам. Калибровка осуществляется автоматически после размещения прибора на специальном датчике. Дает возможность определить 55 оттенков зубов, прописанных в программном обеспечении прибора.



Рис. 48. Прибор Vita Easyshade Compact (Vita, Германия)

Возможности прибора VITA Easyshade Compact:

- режим измерения целого зуба;
- режим измерения участка зуба: шейки, тела или инцизального участка;
- режим реставрации;
- расширение информации о цвете;
- создание лабораторного цветового рецепта.

Перед проведением измерения рекомендуется полностью удалить все пятна на поверхности зуба. Возможно, понадобится протереть зуб марлей, чтобы торец не соскальзывал с поверхности зуба. Торец измерительного наконечника должен полностью помещаться на поверхности зуба. Нужно исключить контакт наконечника с имеющимися реставрациями. Торец измерительного наконечника необходимо приложить плотно и под прямым углом по отношению к поверхности зуба, как это показано на рис. 49, *а*. В данном случае для большей наглядности наконечник показан без защитного колпачка. Для точного определения цвета зуба торец измерительного наконечника должен располагаться на поверхности эмали.

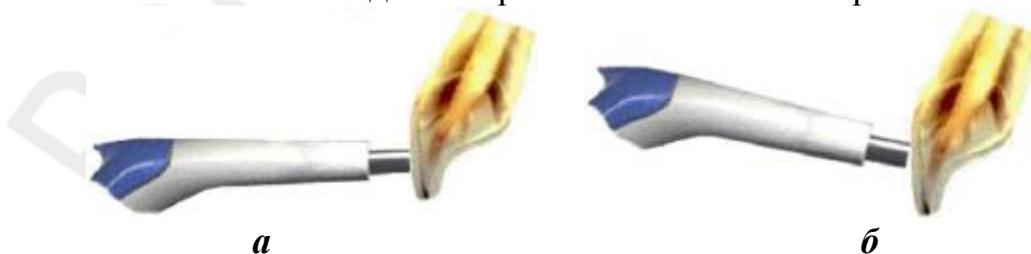


Рис. 49. Расположение торца измерительного наконечника VITA Easyshade Compact:
а — правильное; *б* — неправильное

VITA Easyshade Compact показывает результат измерения цвета в системе VITAPAN classical A1–D4 и в системе VITA SYSTEM 3D-MASTER (рис. 50).



Рис. 50. Результат измерения на экране VITA Easyshade Compact

Также возможно детальное описание выбранного цвета, где крупным шрифтом обозначается самый ближайший цвет (рис. 51).



Рис. 51. Результат определения цвета и его детальное описание

Прибор определяет и показывает как цвет исследуемого зуба, так и соответствующий цвет керамической заготовки (рис. 52).



Рис. 52. Результат определения цвета:
а — цвет исследуемого зуба; *б* — соответствующий цвет керамической заготовки VITABLOC

В режиме реставрации можно получить точные и подробные данные о возможных отклонениях керамической реставрации от желаемого цвета:

- «***» (хорошо) означает, что основной цвет реставрации имеет лишь незначительное отличие или вообще не отличается от заданного цвета;
- «**» (удовлетворительно) означает, что основной цвет реставрации имеет хоть и различимое, но приемлемое отличие от заданного цвета (во фронтальном участке при определенных условиях это может быть не удовлетворительно);
- «*» (доработать) означает, что основной цвет реставрации имеет значительное отличие от заданного цвета, и реставрацию нужно переделывать, чтобы добиться соответствия цвета.

Для получения более обширной информации о цвете нужно выбрать поле со звездочками (рис. 53).

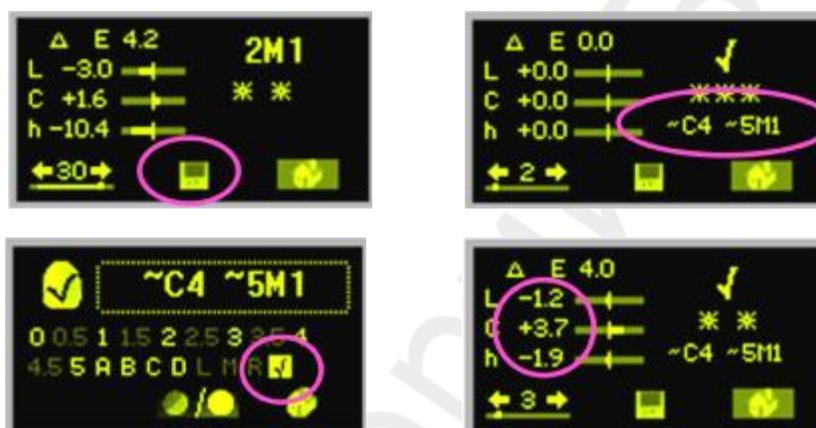


Рис. 53. Подробные данные о возможных отклонениях керамической реставрации от желаемого цвета

Прибор сохраняет до 25 результатов измерений. Каждый набор измерений участков зуба сохраняется в памяти как один результат. VITA Easyshade Compact может подключаться к компьютеру через порт USB. Кроме того, возможно фотографирование зуба для коммуникации врача и зубного техника посредством электронной почты (рис. 54, 55).



Рис. 54. Фотография прибором VITA Easyshade Compact

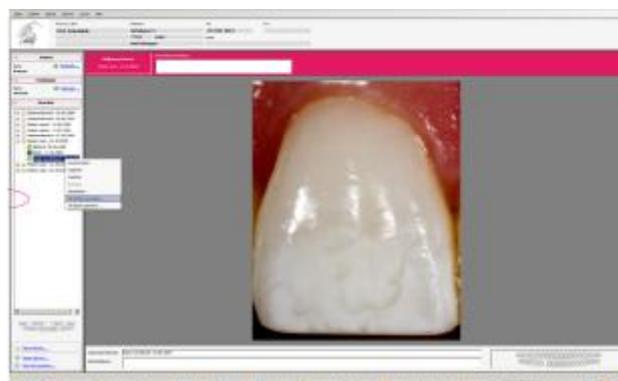


Рис. 55. Фотография исследуемого зуба, переданная по электронной почте

Система SpectroShade. Система SpectroShade (рис. 56) имеет цифровую камеру, подключенную к компьютеру. Прибор считывает цвет зуба и указывает на ближайший доступный цветовой образец.



Рис. 56. Система SpectroShade

Модифицированная система SpectroShade™ Micro (рис. 57) позволяет оценивать основные параметры цвета: оттенок, яркость, насыщенность и прозрачность. Можно точно анализировать спектральный состав цвета. Результаты анализа не зависят от типа осветительных приборов, установленных в помещении, и других условий освещения. Аппарат рассчитывает численное различие между естественным зубом и выбранным цветом по яркости, насыщенности и оттенку. Может проанализировать и определить цвета зуба в разных его областях (рис. 58–60). Изображение и спектральные данные могут быть сохранены и переданы в зуботехническую лабораторию посредством USB, беспроводной сети или CD.



Рис. 57. Модифицированная система SpectroShade™ Micro

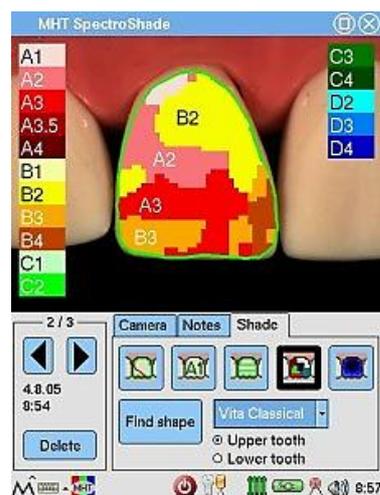


Рис. 58. Считанный цвет исследованного зуба с указанием близкого доступного цветового образца

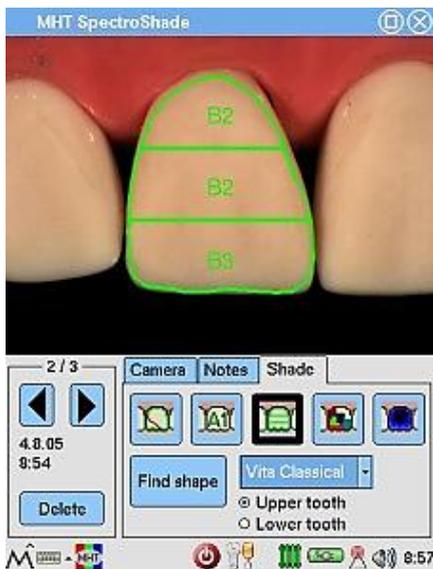


Рис. 59. Определение цвета зуба по стандартным зонам (цервикальная зона, зона экватора, зона режущего края)

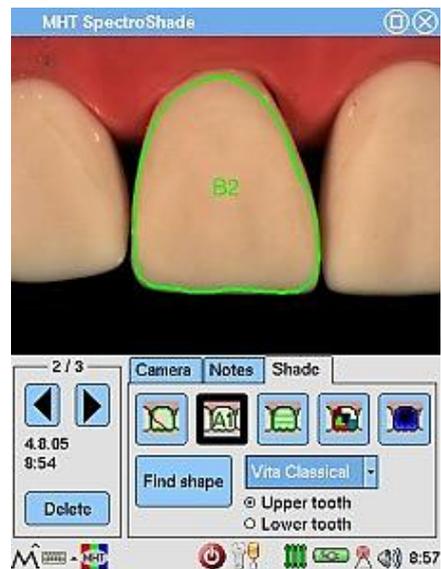


Рис. 60. Определение основного цвета зуба

Система Shadepilot. Прибор Shadepilot фирмы DeguDent (рис. 61) позволяет оценивать основные параметры цвета (оттенок, яркость, насыщенность и прозрачность), а также анализировать его спектральный состав независимо от типа осветительных приборов, установленных в помещении, и других условий освещения. Прибор обеспечивает изготовление фотоснимков и их цифровую обработку, хранение и передачу документации.



Рис. 61. Прибор Shadepilot фирмы DeguDent

Этапы работы стоматолога с прибором Shadepilot:

1. Нужно сфотографировать зуб пациента (рис. 62, а).
2. После получения изображения можно записать необходимую информацию об особенностях зуба и т. д. (рис. 62, б).

3. Определение границ исследуемого зуба (рис. 62, в).

4. При определении общего цвета зуба программа выдает среднее значение, проанализировав каждый пиксель внутри заданной границы (рис. 62, г).

5. Зуб можно разделить на три стандартные зоны, в которых будет определен цвет (рис. 62, д).

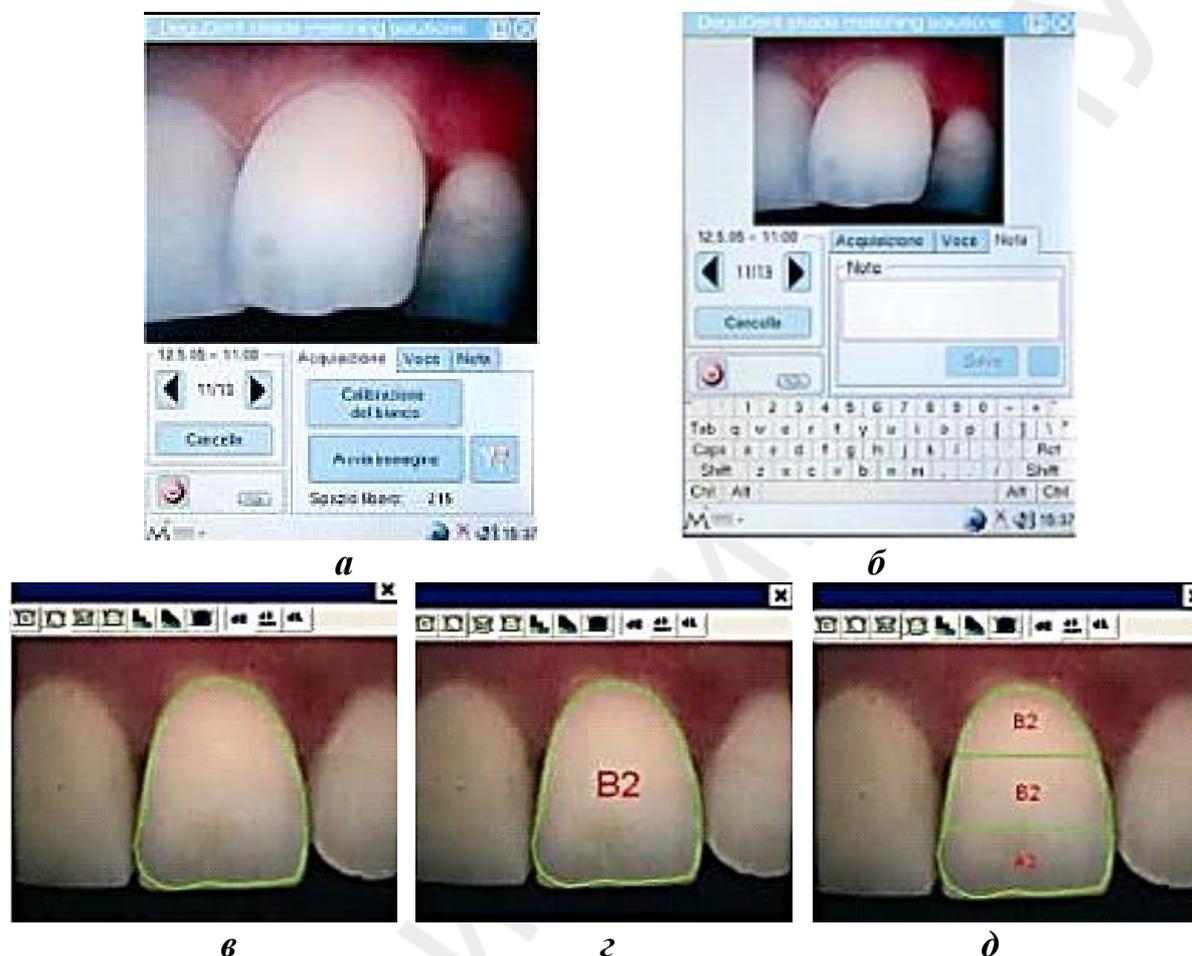


Рис. 62. Использование ShadePilot в кабинете стоматолога:

a — экран с изображением сфотографированного зуба; *б* — запись необходимой информации об особенностях зуба; *в* — корректировка изображения зуба; *г* — базовое определение цвета (одна область); *д* — частичное определение цвета в трех областях

Возможности спектрометра ShadePilot при работе в зуботехнической лаборатории:

1. Просмотр изображения, отображающего уровень прозрачности выбранного зуба (рис. 63, а).

2. Получение подробного изображения с характеристиками цвета исследуемого зуба (рис. 63, б).

3. Хранение и передача документации (рис. 63, в).



Рис. 63. Использование Shadepilot в зуботехнической лаборатории:
а — изображение прозрачности; *б* — подробное изображение с характеристиками цвета; *в* — документация

ShadeScan (CYNOVAD). Прибор ShadeScan фирмы CYNOVAD (рис. 64) позволяет оценить основные параметры цвета зуба: оттенки (в соответствии с различными палитрами), интенсивность, яркость и прозрачность. Результаты измерений не зависят от внешних условий освещения.



Рис. 64. Прибор ShadeScan

Имеется возможность хранения информации на карте памяти. Система ShadeScan состоит из оптической головки, контрольного прибора и компьютерной программы. Головка имеет камеру и выход осветительного световода. Контрольный прибор передает свет через оптическое волокно и управляет электронными компонентами камеры, он также соединен с компьютером, в который инсталлирована специальная программа.

ShadeEye NCC. Прибор ShadeEye NCC (рис. 65) определяет состав цвета и адаптирует полученные результаты к палитрам стандартных цветовых систем. Встроенная память рассчитана на хранение до 100 протоколов измерений. С помощью инфракрасного порта полученные результаты могут быть переданы на компьютер.



Рис. 65. Прибор ShadeEye NCC фирмы ShofuDental

Программное обеспечение позволяет создать объемную цветовую картину естественного зуба, состоящую из 256 оттенков. ShadeEye NCC состоит из базисного модуля со встроенным принтером и мобильного цифрового датчика.

БЕСТЕНЕВЫЕ ЛАМПЫ

Поскольку определение цвета при естественном освещении зависит от многих факторов, предпочтительнее использование специальных флуоресцентных источников освещения, обеспечивающих стабильные условия. Для таких целей в стоматологии используются бестеневые лампы с цветовой температурой $5000 + 1000/750$ К. При выборе цвета зубов проводится сравнение со шкалой Vita либо с другой шкалой расцветок, определяется оптимальный оттенок зуба. Происходит это следующим образом: устанавливают входное окно прибора на указанном в инструкции расстоянии от поверхности этого зуба, зуб освещают и сравнивают его

с образцом расцветки. В стоматологии для определения цвета зубов применяют бестеневые лампы Optilume True-shade (рис. 66) и Demetron Shade Light (рис. 67). Их использование позволяет избежать неточностей, связанных с качеством освещения, при определении цвета.



Рис. 66. Аппарат Optilume Trueshade



Рис. 67. Demetron Shade Light

Лампа Demetron Shade Light (Kerr Corporation) создает освещение, максимально приближенное по своим характеристикам к естественному дневному свету, и позволяет воспроизводить таковое вне зависимости от наличия других внешних источников. Лампа располагается на расстоянии 5–7 см от зубного ряда пациента. Определение цвета или оценка результатов реставрации производится через окошко в Demetron Shade Light (рис. 68).



Рис. 68. Выбор оттенка зуба при помощи Demetron Shade Light

При выборе цвета следует проводить сравнение образцов расцветки с зубами или реставрациями несколько секунд, после чего желательно перевести взгляд на светло-серую или светло-зеленую поверхность — эти цвета помогают восстановить чувствительность зрительных рецепторов. В случае с затруднениями при определении цвета можно попробовать произвести его по клямкам — как правило, для них характерна большая насыщенность и меньшая яркость при сохранении общего тона, что позволяет более уверенно выбрать оттенок.

ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ

Цветовосприятие можно оценить с помощью цветowych таблиц Ишихара (Ishihara), теста цветовой последовательности Фарнсворта (Farnsworth) и аномалоскопа Нагеля (Nagel anomaloscope). Все три способа достаточно эффективны, однако использование аномалоскопа позволяет получить наиболее надежные результаты. Тесты Ишихара на дефекты цветового восприятия позволяют выполнить быструю и точную оценку конгенитальной цветовой слепоты, самой распространенной формы. Таблицы Ишихара позволяют различить полную цветовую слепоту, сильные и умеренные степени как протанопии, так и дейтеранопии. С их помощью можно проверить зрение на цветовосприятие.

Комитет по международным стандартам рекомендует использовать спектральный аномалоскоп для выявления аномалий цветовосприятия.

Вообще, аномалиями цветового зрения называют те или иные незначительные нарушения цветовосприятия. Они передаются по наследству как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой, поэтому гораздо чаще встречаются у мужчин, чем у женщин. Частота протаномалии у мужчин составляет примерно 0,9 %, протанопии — 1,1 %, дейтераномалии — 3–4 % и дейтеранопии — 1,5 %. Тританомалия и тританопия встречаются крайне редко. У женщин дейтераномалия встречается с частотой 0,3 %, а протаномалия — 0,5 %.

Нормальное цветовое зрение — трихроматическое. *Трихроматы* — это люди с нормальным цветовым зрением (работают три типа колбочек: красный, зеленый и синий), воспринимающие первичный аддитивный цвет (первичные RGB-цвета).

Лица с цветовой аномалией также являются трихроматами, т. е. им, как и людям с нормальным цветовым зрением, для полного описания видимого цвета необходимо использовать три основных цвета. Однако аномалы хуже различают некоторые цвета, чем трихроматы с нормальным зрением, а в тестах на сопоставление цветов они используют красный и зеленый цвет в других пропорциях. Тестирование на аномалоскопе показывает, что при протаномалии в цветовой смеси больше красного цвета,

чем в норме, а при дейтераномалии в смеси больше, чем нужно, зеленого. В редких случаях тританомалии нарушается работа желто-синего канала.

Различные формы дихроматопсии также наследуются как рецессивные, сцепленные с X-хромосомой признаки. *Дихроматы* могут описывать все цвета, которые видят, только с помощью двух чистых цветов. Как у протанопов, так и у дейтеранопов нарушена работа красно-зеленого канала. Протанопы путают красный цвет с черным, темно-серым, коричневым и, в некоторых случаях, подобно дейтеранопам, с зеленым. Определенная часть спектра кажется им ахроматической. Для протаноба это область между 480 и 495 нм, для дейтераноба — между 495 и 500 нм. Редко встречающиеся тританопы путают желтый цвет с синим. Сине-фиолетовый конец спектра кажется им ахроматическим — как переход от серого к черному. Область спектра между 565 и 575 нм тританопы также воспринимают как ахроматический (рис. 69).

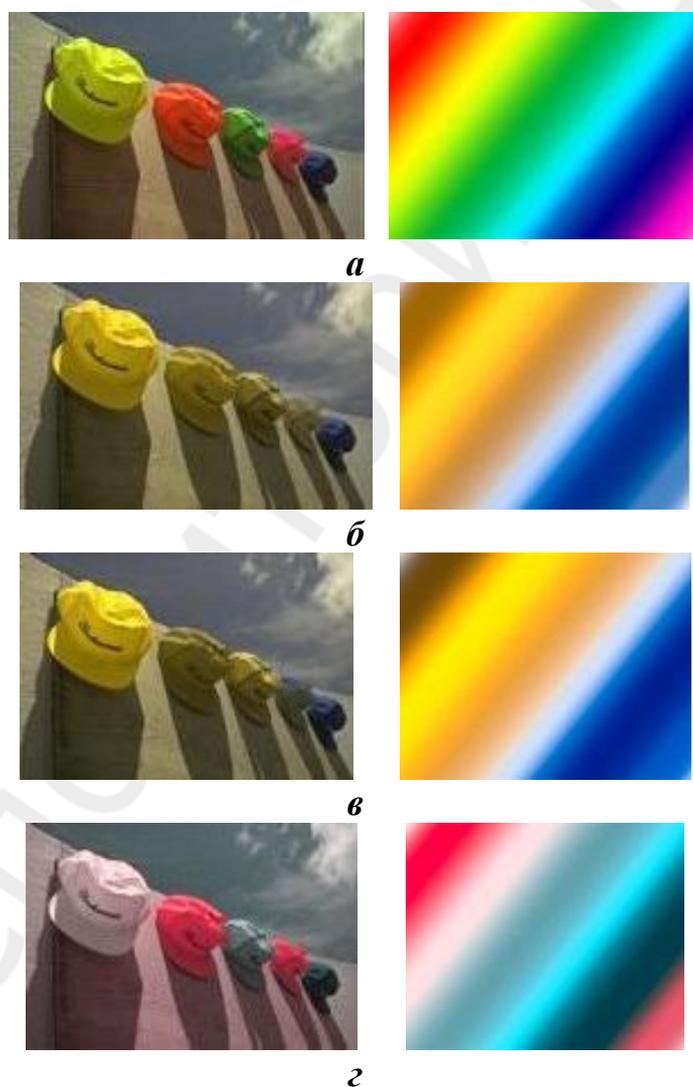


Рис. 69. Примеры нормального и аномального цветового зрения:
a — нормальное цветовое зрение; *б* — дейтераномалия; *в* — протаномалия; *г* — тританомалия

Менее 0,01 % всех людей страдают полной цветовой слепотой. *Монохроматы* видят окружающий мир как черно-белый фильм, т. е. различают только градации серого. У монохроматов обычно отмечается нарушение световой адаптации при фотопическом уровне освещения. Из-за того, что глаза монохроматов легко ослепляются, они плохо различают форму при дневном свете, что вызывает фотофобию. Поэтому они носят темные солнцезащитные очки даже при нормальном дневном освещении. В сетчатке монохроматов при гистологическом исследовании обычно не находят никаких аномалий. Считается, что в их колбочках вместо зрительного пигмента содержится родопсин.

Люди с аномалиями палочкового аппарата воспринимают цвет нормально, однако у них значительно снижена способность к темновой адаптации. Причиной такой «ночной слепоты», или *никталопии*, может быть недостаточное содержание в употребляемой пище витамина А₁, который является исходным веществом для синтеза ретиналя.

КОМПЬЮТЕРНАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА TOOTHGUIDE TRAINING И УЧЕБНЫЙ КОМПЛЕКС TOOTHGUIDE TRAINING BOX

Учеными Лейпцигского университета под руководством профессора Н. А. Jakstat совместно с фирмой VITA Zahnfabrik (Германия) были разработаны компьютерная учебная программа Toothguide Training и учебный комплекс Toothguide Training Box, которые в течение нескольких лет были успешно внедрены во многих университетах Европы и Америки, а также на кафедре ортопедической стоматологии БГМУ как современная образовательная технология для обучения студентов определению цвета.

С помощью компьютерной программы Toothguide Training (рис. 70) можно выполнять простые упражнения и развивать навык определения трех основных характеристик зуба: светлоты и интенсивности цвета, а также собственно цветового тона.

Найти компьютерную программу Toothguide Training можно в интернете (www.toothguidetrainer.com).

Компьютерный учебный комплекс Toothguide Training Box представлен аппаратом Toothguide Training Box и персональным компьютером (рис. 71). Упражнения выполняются с использованием керамических цветовых эталонов, что приближает тренировку к условиям практической работы врача. Познакомиться и поработать на данном аппарате возможно на элективном курсе кафедры ортопедической стоматологии БГМУ.

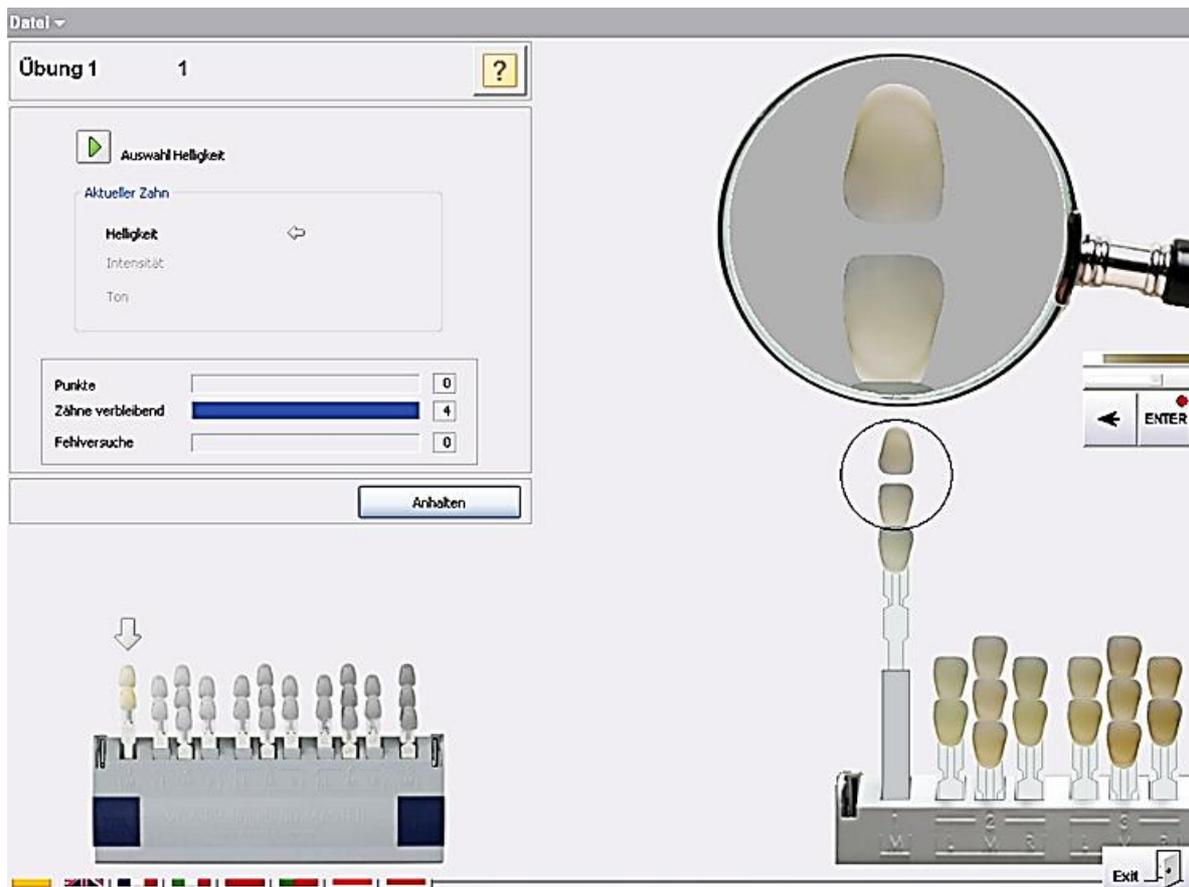


Рис. 70. Компьютерная программа Toothguide Training



Рис. 71. Комплекс Toothguide Training Box

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

- 1. Минимальная длина световой волны, воспринимаемой человеком, составляет:**
а) 260 нм; б) 380 нм; в) 440 нм; г) 740 нм.
- 2. Максимальная длина световой волны, воспринимаемой человеком, составляет:**
а) 260 нм; б) 380 нм; в) 440 нм; г) 740 нм.
- 3. Максимальная продолжительность разглядывания зуба при определении его цвета составляет:**
а) 1 мин; б) 20 с; в) 7 с; г) 2 с.
- 4. После напряжения зрения рекомендуется перевести взгляд на фон следующего цвета:**
а) серого; б) голубого; в) зеленого; г) желтого; д) красного.
- 5. Расположите по порядку этапы препарирования зуба и определения цвета реставрации:**
а) препарирование зуба;
б) очистка поверхности зуба от зубного налета;
в) согласование цвета зуба с пациентом;
г) фотографирование зуба с образцом расцветки;
д) определение цвета зуба.
- 6. Исключите неверное требование, предъявляемое к освещению при определении цвета:**
а) свет в первой половине дня;
б) возле окна с южной стороны здания;
в) освещение при легкой облачности;
г) возле окна с северной стороны здания.
- 7. Определить соответствие инструментов и приборов своему назначению (каждый элемент правого столбца может быть использован только один раз):**
1) расцветка VITA classical; а) аппаратное определение цвета;
2) программа Toothguide Training; б) запись результатов определения цвета;
3) колориметр; в) визуальное определение цвета;
4) информационно-топографическая карта. г) тренировка цветовосприятия.
- 8. Наилучшие результаты достигаются при определении цвета:**
а) мужчинами; в) в возрасте до 30 лет;
б) женщинами; г) в возрасте от 30 до 50 лет.

9. Определите соответствие воспринимаемого цвета длине световой волны (каждый элемент правого столбца может быть использован только один раз):

- | | |
|-------------|------------|
| 1) красный; | а) 420 нм; |
| 2) зеленый; | б) 530 нм; |
| 3) синий. | в) 560 нм. |

10. Наследственные нарушения цветовосприятия чаще всего связаны:
а) с X-хромосомой; б) Y-хромосомой.

11. Преимущественное рассеивание коротких волн называется:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| а) флуоресценцией; | в) метамеризмом; |
| б) опалесценцией; | г) транслюценцией. |

12. Фиолетовое свечение при воздействии ультрафиолетовых волн называется:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| а) флуоресценцией; | в) метамеризмом; |
| б) опалесценцией; | г) транслюценцией. |

13. В кабинете стоматолога для правильного определения цвета должно быть:

- а) освещение при помощи криптоновых ламп;
- б) освещение при помощи люминесцентных ламп;
- в) нейтральный цвет потолка, одежды и оборудования;
- г) стены преимущественно ярких тонов;
- д) температура цвета 7000 К.

14. В определении цвета помогают следующие инструменты:

- | | | | |
|----------------|-------------|-----------------|--------------|
| а) колориметр; | б) реограф; | в) спектрометр; | г) фотобокс. |
|----------------|-------------|-----------------|--------------|

15. Расположите в порядке убывания качества способы передачи информации о цвете зубному технику:

- а) указание одного цвета зубов в заказ-наряде;
- б) заполнение цветовой карты;
- в) передача технику фотографии зубов и выбранного образца расцветки;
- г) совместное с техником и пациентом определение цвета зубов.

Ответы на тестовые вопросы: 1 — б; 2 — г; 3 — в; 4 — а; 5 — б, д, в, г, а; 6 — б; 7 — 1 — в, 2 — г, 3 — а, 4 — б; 8 — б, в; 9 — 1 — в, 2 — б, 3 — а; 10 — а; 11 — б; 12 — а; 13 — б, в; 14 — а, в; 15 — г, в, б, а.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Антонов, В. Ф. Физика и биофизика : курс лекций : учеб. пособие для вузов / В. Ф. Антонов, А. В. Коржуев. М. : ГЭОТАР-МЕД, 2004. 192 с.
2. Луцкая, И. К. Выбор цвета в эстетической стоматологии / И. К. Луцкая, Н. В. Новак, Н. В. Терехова // Новое в стоматологии. 2001. № 7. С. 59.
3. Луцкая, И. К. Цветоведение в эстетической стоматологии / И. К. Луцкая. М. : Медицинская книга, 2006. 116 с.
4. Определение цвета зубов / И. Ю. Лебеденко [и др.]. М., 2004. 61 с.

Дополнительная

5. Абакаров, С. И. Оптимальные условия и особенности определения и создания цвета в керамических и металлокерамических протезах / С. И. Абакаров, Д. С. Абакарова // Новое в стоматологии. 2001. № 4. С. 23–29.
6. Гюрель, Г. Керамические виниры. Искусство и наука / Г. Гюрель. М. : Азбука, 2007. 519 с.
7. Даниличева, В. Ф. Современная офтальмология : руководство для врачей / В. Ф. Даниличева. СПб. : Питер, 2008. 672 с.
8. Изготовление эстетических реставраций фронтальной и жевательной группы зубов : инструкция МЗ Республики Беларусь от 30.09.2005 г. № 084-0805 ; утв. 14.10.2005 г. Минск, 2005. 9 с.
9. Клинические проявления аномалий цвета постоянных зубов человека / И. К. Луцкая [и др.] // Клиническая имплантология и стоматология. 2000. № 34. С. 77–84.
10. Луцкая, И. К. Опыт преподавания цветоведения на курсах усовершенствования врачей-стоматологов / И. К. Луцкая // Стоматология. 2005. Т. 84, № 1. С. 65–68.
11. Луцкая, И. К. Подготовка больного к выполнению эстетической работы / И. К. Луцкая, Д. В. Данилова // Современная стоматология. 2005. № 1. С. 5–13.
12. Луцкая, И. К. Роль зрительного восприятия в эстетической стоматологии / И. К. Луцкая // Современная стоматология. 2002. № 1. С. 3–8.
13. Луцкая, И. К. Роль цветоведения в современной стоматологии / И. К. Луцкая // Новое в стоматологии. 2007. № 4. С. 45–46.
14. Луцкая, И. К. Основы эстетической стоматологии / И. К. Луцкая. Минск, 2005. 332 с.
15. Максимова, О. П. Этюд современных эстетических реставраций / О. П. Максимова, Н. М. Шейна, С. А. Петлев // Клиническая стоматология. 2003. № 1. С. 14–17.
16. Новак, Н. В. Восприятие цвета и формы зуба в эстетической стоматологии / Н. В. Новак // Клиническая имплантология и стоматология. 2001. № 3–4. С. 86–89.
17. Новак, Н. В. Критерии оценки воссоздания формы зуба / Н. В. Новак, В. В. Горбачев, Д. В. Данилова // Актуальные вопросы клинической и экспериментальной медицины. 2005. № 4. С. 260–262.
18. Новак, Н. В. Применение наноуплотненных композитов в эстетической стоматологии / Н. В. Новак, В. В. Горбачев // Современная стоматология. 2005. № 2. С. 21–25.
19. Основные оптические свойства постоянных зубов человека / И. К. Луцкая [и др.] // Клиническая имплантология и стоматология. 2004. № 4. С. 24–30.
20. Рубан, Э. Д. Глазные болезни : учеб. пособие / Э. Д. Рубан. Ростов н/Д : Феникс, 2004. 416 с.

21. *Савельев, И. В.* Курс общей физики : учеб. пособие / И. В. Савельев. 4-е изд. СПб. : Лань, 2005. Т. 2. 496 с.
22. *Сидоренко, Е. И.* Офтальмология / Е. И. Сидоренко. М. : ГЭОТАР-МЕД, 2003. 408 с.
23. *Henning, G.* Tipps zur fehlerfreien Farbbestimmung / G. Henning. Lörrach, 2001. 13 p.
24. *Kroszewsky, K.* Erlerbarkeit der Zahnfarbdifferenzierung / K. Kroszewsky, H. A. Jakstat // Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift. 2004. S. 593–595.
25. *Optimization of tooth color and shade design* / R. Paravina [et al.] // J. Prostodont. 2007. N 16. P. 269–276.
26. *Studies of electronic measuring instruments (definition) color.* Amsterdam University and the Free University, the Netherlands // Dental technician. 2005. N 2 (49). P. 82.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы.....	3
Понятие цвета.....	5
Природа цвета.....	5
Основы восприятия цвета.....	8
Цветовые модели.....	11
Описание цвета зубов.....	16
Определение цвета зубов.....	19
Факторы, определяющие цвет естественных зубов.....	19
Факторы, влияющие на определение цвета зубов.....	22
Факторы, влияющие на цвет цельнокерамического и металлокерамического протеза.....	26
Визуальный и аппаратурный методы определения цвета зубов.....	29
Общие характеристики методов.....	29
Определение цвета зубов визуальным методом.....	30
Определение цвета зубов аппаратурным методом.....	39
Бестеневые лампы.....	48
Возможные способы оценки цветовосприятия.....	50
Компьютерная учебная программа Toothguide Training и учебный комплекс Toothguide Training Box.....	52
Самоконтроль усвоения темы.....	54
Литература.....	56

Учебное издание

Наумович Семен Антонович
Полоник Ирина Степановна
Крушинина Татьяна Валерьевна и др.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТА ЗУБОВ В КЛИНИКЕ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск С. А. Наумович
Редактор Н. В. Оношко
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 30.05.13. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,9. Тираж 150 экз. Заказ 146.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.