

ОБЗОР

УДК 616.314-089.23

СОВРЕМЕННЫЕ ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Андреева А.В.

*ГОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет»,
Волгоград, e-mail: alineshka.andreeva@yandex.ru*

Полимеризационные лампы являются неотъемлемой частью инструментария в работе врача-стоматолога. Они выполняют одну из главных функций восстановительной стоматологии – отверждение полимеризационных материалов. Достаточное отверждение зависит от многих факторов. Однако наиболее важными из них являются высокая интенсивность света, длительность экспозиции и спектральное излучение для активации фотоинициаторов смолы. Другими словами, полимеризационные лампы подбираются в зависимости от конкретного типа отверждаемого материала. При грамотном подборе и качественной работе врача реставрация считается правильной, после чего зуб способен выполнять свою основную функцию. Существует 4 вида полимеризационных ламп, каждая из которых имеет свои особые характеристики. К ним относят галогенные, светодиодные, дуговые плазменные, лазерные лампы. Обычно длина волны в лампах варьируется в пределах 400–500 нм и для каждого типа является индивидуальной. Чаще всего используются галогенные и светодиодные лампы, так как они имеют ряд преимуществ в сравнении с другими видами полимеризационных ламп. Несмотря на некоторые недостатки, полимеризационные лампы являются одними из наиболее часто используемых устройств в стоматологической практике. Поэтому крайне важно правильно подобрать и сделать приоритетным использование высококачественного устройства. Их использование в сочетании с соответствующей технологией светоотверждения является ключом к обеспечению долгосрочных успешных результатов и благополучия пациентов.

Ключевые слова: полимеризационные лампы, длина волны, композиционные материалы, твердые ткани зуба

MODERN PHOTOPOLYMERIZATION DEVICES

Andreeva A.V.

Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: alineshka.andreeva@yandex.ru

Polymerization lamps are an integral part of the tools in the work of a dentist. They perform one of the main functions of restorative dentistry—curing of polymerization materials. Sufficient curing depends on many factors. However, the most important of these are the high light intensity, exposure duration, and spectral radiation for activating resin photoinitiators. In other words, polymerization lamps are selected depending on the specific type of material to be cured. With proper selection and high-quality work of the doctor, the restoration is considered correct, after which the tooth is able to perform its main function. There are 4 types of polymerization lamps, each of which has its own special characteristics. These include halogen, led, arc plasma, and laser lamps. Typically, the wavelength in lamps varies between 400-500 nm and is individual for each type. Halogen and led lamps are most often used, as they have a number of advantages in comparison with other types of polymerization lamps. Despite some disadvantages, polymerization lamps are one of the most commonly used devices in dental practice. Therefore, it is extremely important to choose and prioritize the use of a high-quality device. Their use, combined with appropriate light-curing technology, is key to ensuring long-term successful outcomes and patient well-being.

Keywords: polymerization lamps, wavelength, composite materials, hard tooth tissues

Современная стоматология основывается на использовании эргономичного оборудования, качественного инструментария и пломбировочных материалов, обладающих хорошими физико-химическими, эстетическими свойствами и высокой адгезией к твердым тканям зуба. В основе предложенных средств и способов их применения лежат сведения о составе, строении и функциональных особенностях зуба, а также его физических и химических характеристиках. Фотополимеризация известна с 1500 лет до н.э., когда в Древнем Египте под воздействием видимого света отверждение мягких тканей использовали как один из этапов процесса мумифицирования. В 1820-х гг. природные смолы подвергали воздействию солнечного света для формирования отбрасываемых различных предметов. В настоящее время фотополимеризация приме-

няется в промышленности для создания оптически однородных изделий, таких как органическое стекло, а также для отверждения покрытий, изготовления печатных форм, микросхем [1–3].

В наше время полимеризационные лампы являются неотъемлемой частью оборудования в работе врача-стоматолога. Они выполняют одну из главных функций восстановительной стоматологии – отверждение полимеризационных материалов. Достаточное отверждение зависит от многих факторов. Однако наиболее важными из них являются высокая интенсивность света, длительность экспозиции и спектральное излучение для активации фотоинициаторов смолы. Другими словами, полимеризационные лампы подбираются в зависимости от конкретного типа отверждаемого материала. При грамотном подборе и качественной

работе врача реставрация считается правильной, после чего зуб способен выполнять свою основную функцию [4–6].

В стоматологии в 1962 г. американский ученый-химик Bowen синтезировал органическую основу будущих композиционных материалов, представляющую собой аддукт 1 бисфенол А глицидилди-метакрилат (Bis-GMA). В начале 1980-х гг. к пломбирочным материалам, состоявшим из органической матрицы (Bis-GMA) и неорганического наполнителя (диоксид кремния, кристаллический кварц, стекло, силикатная керамика), добавили фотоинициатор – метил-бензоилловый эфир, который активировался УФ светом с длиной волны 365 нм [7]. Новые пломбирочные материалы получили название фотокомпозиты. Однако от применения инициатора метилбензоилловый эфир пришлось отказаться из-за вредного воздействия длинноволновой части спектра УФ лучей на органы зрения и ткани полости рта [8, 9]. Стоматологическая полимеризационная лампа – это одно из основных устройств, используемых в восстановительной стоматологии. Устройство генерирует яркий свет, который инициирует полимеризацию композиционных материалов на основе светоотверждаемых смол. Он попадает под видимый синий световой спектр. Этот свет распространяется в диапазоне длин волн 400–500 нм и варьируется для каждого типа стоматологического устройства. Полимеризационная лампа обеспечивает затверждение композитного материала, используемого при пломбировании кариозных полостей. Лампы различаются техническими характеристиками и конструктивными особенностями формы прибора, определяющими удобство работы с ними.

Очень важно, чтобы излучающий отверждающий свет имел высокую плотность, мощность и подходящую длину волны. Недостаточное светоотверждение может привести к ухудшению адгезионной поверхности, изменению цвета материала и цитотоксичности клеток, появлению послеоперационной чувствительности.

В настоящее время полимеризационные лампы являются необходимым оборудованием для стоматологических клиник. Они применяются как при прямых реставрациях, так и при непрямой керамической реставрации при работе с композитами, различными группами цементов, материалов для лечебных и изолирующих прокладок, герметиков. Полимеризационные лампы используются также для активации отбеливающих агентов зубов [10, 11]. Вместе с техническими характеристиками значимым остается вопрос удобства использова-

ния этого медицинского прибора, а также вопрос, какую все-таки полимеризационную лампу использовать в работе. Несмотря на недостатки полимеризационные лампы являются неотъемлемой частью в работе стоматолога. Стоматологи должны обращать особое внимание на ухудшение состояния ламп и волоконно-оптических наконечников.

Цель исследования: сравнить эффективность, преимущества и недостатки фотополимеризационных ламп на основе литературного обзора.

Виды полимеризационных ламп

Существует 4 вида полимеризационных ламп, каждая из которых имеет свои особые характеристики. Обычно длина волны в лампах варьируется в пределах 400–500 нм и для каждого типа является индивидуальным. Чаще всего используются галогенные и светодиодные лампы, так как они имеют ряд преимуществ в сравнении с другими видами полимеризационных ламп. Несмотря на некоторые недостатки, полимеризационные лампы являются одними из наиболее часто используемых устройств в стоматологической практике [12–14]. Поэтому крайне важно правильно подобрать и сделать приоритетным использование высококачественного устройства. Их использование в сочетании с соответствующей технологией светоотверждения является ключом к обеспечению долгосрочных успешных результатов и благополучия пациентов [15–17]. Существует широкий ассортимент различных полимеризационных ламп; они различаются по стоимости, количеству функций, весу, выходной мощности и требованиям к техническому обслуживанию, а также по другим характеристикам. При работе с новым композитом необходимо проводить тестовое отверждение, чтобы оценить время отверждения материала, глубину полимеризации, убедиться в его совместимости с полимеризационным прибором.

Наиболее часто используемыми полимеризационными лампами являются:

- галогенные лампы;
- светодиодные лампы (LED).

Менее часто используемыми лампами являются:

- дуговые плазменные лампы;
- лазерные лампы.

Галогенные лампы. Галогенная лампа – лампа накаливания, состоящая из вольфрамовой нити, запечатанной в компактную прозрачную колбу, заполненную смесью инертного газа с небольшим количеством галогена, такого как йод или бром. Взаимодействие газообразного галогена и вольфра-

мовой нити создает галогенный цикл – химическую реакцию, при которой происходит отложение испаренного вольфрама в нить, таким образом, увеличивая его срок службы и сохраняя прозрачность колбы. Это позволяет нити работать при более высокой температуре, чем стандартная лампа накаливания с аналогичной мощностью и сроком службы; это также производит свет с более высокой световой эффективностью и цветовой температурой [18, 19].

Свет получают с помощью тонкой вольфрамовой нити, через которую течет электрический ток. В этот момент вольфрамовая нить представляет собой некий резистор. Далее этот резистор нагревается до температуры около 3000 К, становится раскаленным и испускает инфракрасное и электромагнитное излучение в виде видимого синего света с длиной волны между 400 и 500 нм и интенсивностью 400–600 мВт/см². Маленькая стеклянная колба может быть заключена в большую по объему внешнюю стеклянную колбу для большей комплектации; температура внешней колбы будет намного ниже и безопаснее, также она дает возможность защитить горячую лампу от вредного загрязнения.

Для передачи синего спектра излучения от галогеновой лампы к пломбирочному материалу необходим световод волоконный или монолитный. Свет, пройдя по волоконно-оптическому кабелю, выделяется на кончике световода. Наибольшая интенсивность света располагается по центру световода, поэтому загрязнение торцевой части световода пломбирочным материалом и механические повреждения – сколы, трещины вызывают рассеивание света, уменьшая его мощность. Поэтому кончик световода должен быть чистым. А также периодически измерять мощность света с помощью встроенного или автономного радиометра. Большинство современных приборов оснащены встроенным радиометром [20].

При работе с фотополимеризатором возможна трансформация рабочих характеристик, приводящая к понижению основных показателей лампы: снижается энергетическая светимость исходящего потока с повышением удельной мощности ультрафиолетового и инфракрасного излучения, что может привести к повреждению кожи рук врача и ассистента [21].

Преимущества галогенной лампы:

- является проверенной технологией с успешным послужным списком более 30 лет;

- излучают широкий диапазон длин волн света (400–500 Нм), благодаря чему они способны фотополимеризовать ши-

рокий спектр светоотверждаемых стоматологических материалов.

Недостатками являются:

- ограниченный эффективный срок службы лампы (40–100 часов);

- требуется фильтрация – только небольшая часть спектра излучения света фактически используется для активации светоотверждаемых материалов. Полосовые фильтры используются для получения синего света, в то время как оставшееся излучение света является внешней энергией и рассеивается в виде тепла, что приводит к ухудшению состояния составляющих колбы с течением времени и снижению эффективности отверждения;

- необходимо наличие встроенного охлаждающего вентилятора из-за увеличения тепловой составляющей, которая может приводить к перегреву пульпы;

- инфракрасный компонент светового потока при длительном воздействии также может вызвать ожог и некроз пульпы;

- под влиянием теплового излучения ухудшаются физические характеристики фотоматериалов, содержащих инициатор камфорхинон, а также изменяется процесс фотополимеризации, что приводит к ухудшению характеристик пломбирочного материала и наблюдается ухудшение клинических и эстетических параметров реставрации.

Светодиодные лампы. Светодиодные лампы (LED) – источники света, основанные на светодиодах [22].

Светодиод (или светоизлучающий диод) – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

Излучаемый светодиодом свет лежит в узком диапазоне спектра. Иными словами, его кристалл изначально излучает конкретный цвет (если речь идет о СД видимого диапазона) – в отличие от лампы, излучающей более широкий спектр, где нужный цвет можно получить лишь применением внешнего светофильтра. Диапазон излучения светодиода во многом зависит от химического состава использованных полупроводников [23].

За последние несколько лет было введено несколько поколений светодиодных светоотверждающих установок. Светодиодные лампы 1-го поколения обычно были низкоинтенсивными и не полностью отверждали материалы. Диоды были предназначены для активации инициатора камфорхинона, излучали волны длиной около 460 Нм. Однако альтернативные фотоинициаторы, используемые в ультрасветлых цветах и по-

лупрозрачных оттенках композитов, а также в герметиках и связующих веществах, не активируются этими блоками «синего света». Светодиодные светоотверждающие установки 2-го поколения (bluephase, Elipar Freelight 2, L. E. Demetron 1, radii, Allegro, SmartLite iQ, The CURE) имеют один мощный диод с несколькими зонами излучения. Эти блоки имеют большую площадь поверхности излучения и высокую выходную энергию. Светодиодные светоотверждающие установки 3-го поколения (UltraLume 5) имеют две или более диодных частот и излучают свет в различных диапазонах для активации камфорхинона и альтернативных фотоинициаторов [24].

У светодиодных ламп большое внимание уделяют конструкции световода. Наиболее предпочтительно строение световода, обеспечивающее изгиб под углом 90° и небольшую длину для легкого интраорального доступа, а также для обеспечения необходимой мощности излучения для фотополимеризации реставрации.

Преимуществами светодиодных ламп являются:

- срок службы светодиодов составляет более 10000 ч. Свет практически не страдает от снижения выработки энергии по мере старения устройства;

- эффективный узкий спектр излучения света приводит к очень небольшому тепловыделению и исключает необходимость в вентиляторах или фильтрах;

- относительно низкое энергопотребление делает эти устройства пригодными для беспроводной переноски (то есть для работы от аккумулятора).

Недостатком этих полимеризационных ламп является то, что они не могут отверждать материалы, содержащие нестандартные альтернативные фотоинициаторы, такие как *люцерин* или 1-фенил-1,2-пропандион [25].

Дуговые плазменные лампы. В 1998 г. были разработаны дуговые плазменные лампы. В их основе используется источник света высокой интенсивности – люминесцентная лампа, содержащая плазму [26].

Плазменные дуговые лампы используются для отверждения композитов на основе синтетических смол и отбеливания зубов. Обычно плотность их теплового потока более 2000 мВт/см², а длина волны составляет 380–350 нм. Большинство стоматологических плазменных отверждающих ламп имеют несколько различных режимов освещения, включая ступенчатый и отбеливающий режимы. Отверждение часто завершается менее чем за 5 секунд. Некоторые плазменно-дуговые отверждающие лампы

имеют встроенный радиометр для обеспечения оптимального использования энергии. Различные регулярные и турбонаконечники доступны для любой выполняемой процедуры отверждения или отбеливания, от одной реставрации до полного отбеливания ротовой полости.

Преимуществами дуговых плазменных ламп являются:

- высокая мощность (способствует быстрому отверждению);

- широкий спектр излучения.

Недостатками данных полимеризационных ламп являются:

- большие и громоздкие (больше, чем галогенные лампы);

- слабый тип освещения;

- требуется фильтрация;

- выработка тепла требует вентилятора [27, 28].

Лазерные лампы. Аргонная лазерная лампа, активной средой которой является газообразный аргон, излучает свет на двух длинах волн. Синий свет 488 нм обычно используется для инициирования полимеризации восстановительных композиционных материалов. Сине-зеленый свет с длиной волны 514 нм имеет максимальную поглощающую способность в тканях, состоящих из пигментированных молекул, таких как гемосидерин и меланин. Обе длины волн аргонного лазера плохо поглощаются непигментированными и твердыми тканями. Этот лазер часто используется для композитных реставраций 2 класса, контроля кровотечения в десневой хирургии, а также для обнаружения трещин и разрушения на поверхности зубов с использованием техники трансиллюминации [29, 30].

Преимуществами лазерных ламп являются:

- быстрое отверждение;

- отличная коллимация света.

Недостатки лазерных ламп:

- дороговизна;

- не может отверждать все материалы;

- не практичны для ежедневного отверждения материалов.

Заключение

Галогеновые лампы по сравнению со светодиодными излучают много тепла и излишнего спектра, нагревают ткани зуба и значительно увеличивают время общей полимеризации пломбирочного материала, также оказывают отрицательное воздействие на зрение врача. Потребность в большом количестве энергии снижает её эргономичность. Необходимость постоянного охлаждения мешает комфортной работе врача-стоматолога.

Полимеризованный надлежащим образом материал окажет положительное воздействие как на физические, так и на биологические качества реставрации. Также важным критерием выбора лампы является цена, находящаяся в диапазоне 3000–6000 Р у галогеновых ламп, в пределах 8000–70000 Р у светодиодных.

Список литературы

1. Аббас Н. Принципы использования лазерных систем в стоматологии // *Dental market*. 2005. № 8. С. 7–8.
2. Герусова Е.А. Современные средства терапии воспалительных заболеваний пародонта беременных женщин // *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2016. Т. 18. № 1. С. 304–306.
3. Горюнова А.И., Скрипка М.О. Знания и навыки гигиены полости рта беременных женщин // *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2016. Т. 18. № 1. С. 162–164.
4. Деревянченко С.П. Роль семьи в формировании привычек, имеющих отношение к здоровью полости рта // *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2012. Т. 14. № 2. С. 146.
5. Колесова Т.В. К вопросу о переносимости протезных материалов в полости рта // *Сборник научных тезисов и статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2011. С. 456.
6. Михальченко В.Ф., Жидовинов А.В. Показатели местного иммунитета при гальванозе полости рта // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 1–2. С. 303–306.
7. Гришилова Е.Н. с соавт. Применение лазерного излучения в комплексной защите витальных зубов, препарируемых под металлокерамические протезы // *Актуальные вопросы клинической стоматологии: сборник научных работ. СтГМУ*. 2014. С. 120–122.
8. Сингх Т.К. Журнал орофациальных исследований «Светоотверждающие устройства – клинический обзор». Т. 1. Выпуск 1. 2011. С. 148–149.
9. Ягупова В.Т., Федотова Ю.М. Врач-стоматолог как исполнитель медицинских услуг // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 11. С. 22–26.
10. Данилина Т.Ф., Ткаченко Л.В. Поражаемость зубов кариесом у беременных женщин // *Актуальные вопросы экспериментальной, клинической и профилактической стоматологии*. Волгоград, 2005. С. 49–52.
11. Наумова В.Н. Социокультурные факторы риска развития заболеваний полости рта у женщин // *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2012. Т. 14. № 4. С. 348.
12. Деревянченко С.П. с соавт. Роль социально-бытовых и медико-биологических факторов в формировании заболеваний полости рта у девочек разных поколений // *Волгоградский научно-медицинский журнал*. 2015. № 1. С. 40–42.
13. Ткаченко Л.В., Касибина А.Ф. с соавт. Структура заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта беременных женщин на фоне железодефицитной анемии // *Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2006. Т. 8. № 5. С. 230.
14. Ярмова Э.Н., Солодова Ю.О. Состояние тканей пародонта у беременных с поздними токсикозами // *Международный студенческий научный вестник*. 2015. № 2. С. 83–84.
15. Денисенко Л.Н. Стоматологические заболевания у беременных женщин с железодефицитной анемией // *Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук: материалы III Международной научно-практической конференции*. 2016. С. 55–57.
16. Денисенко Л.Н., Данилина Е.В. Оценка состояния пародонта беременных женщин до и после лечения // *Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2010. Т. 12. № 10. С. 496–497.
17. Цырюльникова А.А., Крюкова А.В. Стоматологический статус студентов // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 6. С. 120–121.
18. Сызранова Н.Н., Денисенко Л.Н. Внеучебная деятельность школьников здоровьесберегающей направленности // *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2012. Т. 14. № 4. С. 336–337.
19. Авакян И.Б., Бучилова И.А., Воронина Э.В. Педагогика и психология, наука и образование: теоретико-методологические подходы и практические результаты исследований: коллективная монография / Под ред. В.А. Куриной, О.А. Подкопаева. Самара, 2017. 454 с.
20. Матвеев С.В. Применение проблемного метода обучения совместно с деловой игрой для обучения студентов стоматологического факультета // *Международный журнал экспериментального образования*. 2016. № 4–2. С. 232–234.
21. Данилов П.А., Демьянова Т.С., Бурлуцкая Е.Н. Микроповреждение эмали и дентина импульсами неодимового лазера // *Сборник тезисов международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов – 2012»*. Секция «Физика». 11 апреля 2012 г. М., С. 131–132.
22. Денисенко Л.Н., Деревянченко С.П. Активные формы обучения студентов стоматологического факультета. В книге: Педагогика и психология, наука и образование: теоретико-методологические подходы и практические результаты исследований: монография / Под ред. В.А. Куриной, О.А. Подкопаева. Самара, 2017. С. 79–90.
23. Джон У. Фарах, Джон М. Пауэрс. Стоматологический консультант «Светодиодные полимеризационные лампы». 2004. 454 с.
24. Афанасьева О.Ю. Гарантии и гарантийные обязательства на стоматологическое лечение // *Медицинский алфавит*. 2014. Т. 3. № 13. С. 57–59.
25. Алдарова Л.М., Артемьева Н.К., Аршинник С.П. Здоровьесберегающее образование: современные факторы развития. Самара, 2016. 205 с.
26. Головченко С.Г., Федотова Ю.М. Совершенствование образовательных технологий профессиональной подготовки врачей-стоматологов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 10–6. С. 1085–1088.
27. Данилина Т.Ф., Ткаченко Л.В., Касибина А.Ф. Влияние железодефицитной анемии на состояние полости рта беременных женщин // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2007. № 3. С. 68–71.
28. Крюкова А.В. Стоматологическое здоровье студентов // *Успехи современного естествознания*. 2013. № 9. С. 54.
29. Мандра Ю.В. Клинико-экспериментальное обоснование коррекции гиперестезии зубов с применением диодной лазеротерапии // *Вестник РУДН*. 2009. № 4. С. 123–127.
30. Чечун Н.В., Сысоева О.В., Бондаренко О.В. Современные аспекты препарирования в терапевтической стоматологии // *Алтайский государственный медицинский университет. Геотар-МЕДИА*, 2018. С. 127–130.